



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**Determinación de mercurio y cadmio en producto
cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes
comercializadas en el Cercado de Lima**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Ballvy Modesta JAVIER TARAZONA

Manuel Alejandro RODRIGO ROMERO

ASESOR

Dr. José Antonio LLAHUILLA QUEA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código Orcid del autor: Manuel Alejandro Rodrigo Romero

Código Orcid del asesor: 0000-0002-3926-8069

DNI del autor: 71032553

Grupo de investigación: ninguno

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: ninguna

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación: Cercado de Lima, Lima, Perú. Latitud -12,0431805 y Longitud -77,0282364

Año o rango de años que la investigación abarcó: 2019

Código Orcid del autor: Ballvy Modesta Javier Tarazona

Código Orcid del asesor: 0000-0002-3926-8069

DNI del autor: 46427245

Grupo de investigación: ninguno

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: ninguna

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación: Cercado de Lima, Lima, Perú. Latitud -12,0431805 y Longitud -77,0282364

Año o rango de años que la investigación abarcó: 2019



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

"Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima"

Que presentan los Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

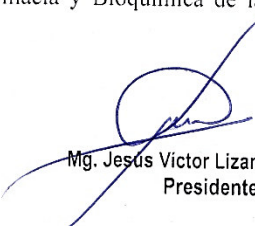
**BALLVY MODESTA JAVIER TARAZONA Y
MANUEL ALEJANDRO RODRIGO ROMERO**

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

Dieciocho (18). Sobresaliente

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 08 de noviembre de 2019


Mg. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Presidente


Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes
Miembro


Mg. Bertran Santiago Trujillo
Miembro


Q.F. Omar Hugo Santa María Chávez
Miembro

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
Teléfonos: (511) 619-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>



Dedico esta tesis a mis padres, en especial a mi madre, Lucia Tarazona, que siempre ha estado a mi lado apoyando incondicionalmente.

A mi hermano Javier por sus consejos y sus conocimientos.

A nuestro asesor por sus recomendaciones y su orientación.

Y en especial a Dios por ser mi fortaleza y guiarme a lo largo del camino.

Dedico esta tesis a mi madre Doris Romero por su sacrificio, apoyo incondicional y todas las enseñanzas brindadas durante toda mi vida.

A mi abuelita Eloisa por estar siempre a mi lado brindándome el soporte necesario.

A mi tía Rosa y mi tío Jorge por confiar en mi capacidad y haber contribuido de una u otra manera a cumplir este objetivo.

Y al Dr. José, nuestro asesor por su orientación y consejos en el desarrollo de la tesis.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirnos y cuidarnos a lo largo de nuestro camino.

A nuestros padres y familiares por creer en nosotros, por su apoyo incondicional y por siempre estar a nuestro lado para apoyarnos.

A nuestros profesores, por haber contribuido en nuestra formación profesional y a la UNMSM, de la cual estamos orgullosos de pertenecer.

A nuestro asesor, el Dr. José Llahuilla por el apoyo, consejos y la importante información brindada para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Finalmente, agradecemos a los miembros de nuestro jurado, por su valiosa contribución con sus sabios consejos para la culminación de esta tesis.

ÍNDICE

Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Hipótesis	2
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Aspectos teóricos	6
2.2.1 Piel y cutis	6
2.2.2 Polvo compacto	8
2.2.3 Situación de la comercialización de los productos cosméticos en el Perú y en el mundo	12
2.2.4 Mercurio	13
2.2.5 Cadmio	21
III. METODOLOGÍA	28
3.1 Recolección de las muestras	28
3.2 Acondicionamiento de las muestras	28
3.3 Método utilizado	29
3.3.1 Espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito	29
3.3.2 Espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío	30
3.4 Equipos, reactivos y materiales	30
3.4.1 Equipos	30
3.4.2 Materiales y reactivos	32
3.5 Determinación de mercurio	32
3.5.1 Preparación de la curva de calibración	32
3.5.2 Resultados de la curva de calibración	33
3.5.3 Lectura	33

3.5.4 Condiciones instrumentales	33
3.5.5 Preparación de las muestras	34
3.6 Determinación de cadmio	34
3.6.1 Preparación de la curva de calibración	34
3.6.2 Resultados de la curva de calibración	35
3.6.3 Lectura	35
3.6.4 Condiciones instrumentales	35
3.6.5 Preparación de las muestras	36
IV. RESULTADOS	37
4.1 Determinación de mercurio	37
4.1.1 Análisis estadístico de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de mercurio en polvo compacto	40
4.1.2 Análisis estadístico por comparación de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de mercurio en polvo compacto	41
4.1.3 Análisis estadístico Post-Hoc de Tukey de las concentraciones de mercurio en polvo compacto	43
4.1.4 Prueba de t de Student para las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el límite de la FDA	44
4.2 Determinación de cadmio	46
4.2.1 Análisis estadístico de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de cadmio en polvo compacto	49
4.2.2 Análisis estadístico por comparación de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de cadmio en polvo compacto	50
4.2.3 Análisis estadístico Post-Hoc de Tukey de las concentraciones de cadmio en polvo compacto	52
4.2.4 Prueba de t de Student para las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite de Alemania	53
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	61
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Funciones e ingredientes de polvos compactos.	9
Tabla 2. Formulaci3n t3pica de polvo compacto.	10
Tabla 3. Producci3n nacional e importaciones de cosm3ticos en el Per3.	12
Tabla 4. Absorci3n y toxicidad de compuestos mercur3ricos.	16
Tabla 5. L3mites de exposici3n del mercurio.	18
Tabla 6. Tratamiento de la intoxicaci3n por mercurio.	20
Tabla 7. L3mites de exposici3n del cadmio.	26
Tabla 8. Secuencia de temperaturas en el horno de grafito para la determinaci3n de cadmio.	36
Tabla 9. Valores de concentraci3n de mercurio y comparaci3n con el l3mite seg3n FDA de las 20 muestras de producto cosm3tico, polvo compacto.	37
Tabla 10. Evaluaci3n estadística de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de mercurio en polvo compacto.	40
Tabla 11. Datos descriptivos para el Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de mercurio en polvo compacto.	41
Tabla 12. Resultados del Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de mercurio en polvo compacto.	42
Tabla 13. Prueba de Tukey para mercurio en polvo compacto.	43
Tabla 14. Prueba t de Student de las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el l3mite de la FDA.	44
Tabla 15. Valores de concentraci3n de cadmio y comparaci3n con el l3mite del Gobierno de Alemania de las 20 muestras de producto cosm3tico, polvo compacto.	46
Tabla 16. Evaluaci3n estadística de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.	49

Tabla 17. Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.	50
Tabla 18. Resultados del Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.	51
Tabla 19. Prueba de Tukey de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.	52
Tabla 20. Prueba t de Student de las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite del Gobierno de Alemania.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la piel.	7
Figura 2. Anatomía de superficie de la cara.	8
Figura 3. Proceso general de fabricación de polvos compactos	11
Figura 4. Tendencia y proyección del mercado peruano de cosméticos e higiene al 2022.	13
Figura 5. Toxicodinamia de la toxicidad renal inducida por Hg.	17
Figura 6. Toxicocinética del cadmio.	24
Figura 7. Toxicodinamia del Cadmio.	25
Figura 8. Acondicionamiento de las muestras.	28
Figura 9. Estructura de un atomizador tipo horno de grafito	29
Figura 10. Proceso de determinación de mercurio por vapor frío.	30
Figura 11. Espectrofotómetro de absorción atómica. Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con Generador de Hidruros-Vapor Frío.	31
Figura 12. Espectrofotómetro de absorción atómica. Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con Horno Grafito.	31
Figura 13. Resultados de la curva de calibración para la determinación de mercurio.	33
Figura 14. Resultados de la curva de calibración para la determinación de cadmio.	35
Figura 15. Concentración de mercurio en las muestras de polvo compacto ($\mu\text{g/g}$) comparadas con límite de la FDA.	38
Figura 16. Concentración promedio de mercurio de las marcas de polvo compacto ($\mu\text{g/g}$).	39
Figura 17. Porcentaje de muestras de polvo compacto por encima del límite de mercurio establecido por FDA.	39
Figura 18. Valor y región críticos de la prueba de ANOVA para las concentraciones de mercurio.	42
Figura 19. Concentración de cadmio en las muestras de polvo compacto ($\mu\text{g/g}$) comparadas con límite de Alemania.	47

Figura 20. Concentración promedio de cadmio de las marcas de polvo compacto ($\mu\text{g/g}$).	48
Figura 21. Porcentaje de muestras de polvo compacto por encima del límite de cadmio establecido por Gobierno de Alemania.	48
Figura 22. Valor y región críticos de la prueba de ANOVA para las concentraciones de cadmio.	51

GLOSARIO

ANOVA:	análisis de Varianza.
ARNm:	ácido ribonucleico mensajero.
ATP:	adenosina trifosfato.
BAL:	British Antilewisite (dimercaprol).
CAN:	Comunidad Andina de Naciones.
CICOTOX:	Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental.
CVAAS:	espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío.
DIGEMID:	Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas.
EDTA:	ácido etilendiaminotetracético.
EE. UU.:	Estados Unidos de América.
EPA:	Agencia de Protección Ambiental.
ERK:	quinasas reguladas por señales extracelulares.
EU/UE:	European Union/ Unión Europea.
FDA:	Food and Drug Administration.
gl:	grados de libertad.
GSK:	glucógeno sintasa quinasa.
ICP-MS:	espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente.
ICP-OES:	espectrometría de emisión óptica por plasma inducido.
IRA:	insuficiencia renal aguda.
MAPK:	proteína quinasas activadas por mitógenos.
MDA:	malondialdehído.
MT:	metalotioneína.
NAG:	N-acetil-beta-D-glucosaminidasa.
NF-kB:	factor de transcripción nuclear kappa B.
NIOSH:	Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional.
Oat:	transportadores de aniones orgánicos.
OSHA:	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.
PKA:	proteína quinasa A.
ROS:	especies reactivas de oxígeno.
SMAS:	sistema musculaponeurótico superficial.

SNC:	sistema nervioso central.
TER:	resistencia transepitelial.
TrxR:	tiorredoxinareductasa.
UHP:	ultra-high-purity.
USA:	Estados Unidos de América.
USD:	dólares americanos.
UV:	ultravioleta.
V.I.:	vía intravenosa.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad generar información sobre el polvo compacto como fuente de exposición a mercurio y cadmio. **Objetivo:** determinar las concentraciones de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de 5 marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima y compararlas con los límites establecidos por la Food and Drug Administration (FDA) y el Gobierno de Alemania. **Metodología:** se obtuvieron 20 muestras de las galerías Mesa Redonda, Tradición, Santa Catalina y Tarpuy, todas ubicadas en el Cercado de Lima. Para la cuantificación de mercurio y cadmio se utilizó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica por vapor frío y por horno de grafito, respectivamente. **Resultados:** se evidenció la presencia de mercurio y cadmio en el 100% de las muestras. En la cuantificación de mercurio, la concentración promedio fue de 0,054 $\mu\text{g/g}$, siendo 0,142 $\mu\text{g/g}$ el valor máximo y 0,011 $\mu\text{g/g}$ el valor mínimo. El cosmético de marca B tuvo la mayor concentración promedio con 0,089 $\mu\text{g/g}$, difiriendo significativamente con un nivel de confianza del 95%, de las concentraciones promedio de las demás marcas. Sin embargo, ninguna de las muestras estuvo por encima del límite de la FDA de 1 $\mu\text{g/g}$. Asimismo, la concentración promedio de cadmio fue de 0,814 $\mu\text{g/g}$, siendo 1,439 $\mu\text{g/g}$ el valor máximo y 0,179 $\mu\text{g/g}$ el valor mínimo. El 100% de las muestras sobrepasaron, con un nivel de confianza del 95%, significativamente el límite del Gobierno de Alemania de 0,1 $\mu\text{g/g}$. La marca B tuvo mayor concentración promedio con 1,1955 $\mu\text{g/g}$, mientras que el cosmético de marca E difirió significativamente respecto a los demás registrando concentración promedio de 0,22675 $\mu\text{g/g}$. **Conclusión:** la concentración promedio de mercurio fue de 0,054 $\mu\text{g/g}$, mientras que la de cadmio fue de 0,814 $\mu\text{g/g}$, la cual sobrepasa significativamente el límite de 0,1 $\mu\text{g/g}$ del Gobierno de Alemania.

Palabras clave. Polvos compactos, cadmio, mercurio, espectrofotometría de absorción atómica, metales pesados, cosméticos.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to generate information on compact powder as a source of exposure to mercury and cadmium. **Objective:** to determine the concentrations of mercury and cadmium in cosmetic product, compact powder of 5 different brands sold in Cercado de Lima and to be compare them with the limits established by the Food and Drug Administration (FDA) and the Government of Germany. **Methodology:** 20 samples were obtained from Mesa Redonda, Tradición, Santa Catalina and Tarpuy galleries, all located in Cercado de Lima. For the quantification of mercury and cadmium, the method of Atomic Absorption Spectrophotometry by cold steam and graphite furnace, respectively, was used. **Results:** the presence of mercury and cadmium was evident in 100% of the samples. In the quantification of mercury, the average concentration was 0,054 µg/g, with 0,142 µg/g the maximum value and 0,011 µg/g the minimum value. The brand B cosmetic had the highest average concentration with 0,089 µg/g, differing significantly with a 95% confidence level, from the average concentrations of the other brands. However, none of the samples were above the FDA limit of 1 µg/g. Likewise, the average concentration of cadmium was 0,814 µg/g, with 1,439 µg/g the maximum value and 0,179 µg/g the minimum value. 100% of the samples exceeded, with a 95% confidence level, significantly the limit of the Government of Germany of 0,1 µg/g. The B mark had a higher average concentration with 1,1955 µg/g, while the E mark cosmetic differed significantly from the others, registering an average concentration of 0,22675 µg/g. **Conclusion:** the average concentration of mercury was 0.054 µg/g, while that of cadmium was 0.814 µg/g, which significantly exceeds the limit of 0.1 µg/g of the Government of Germany.

Keywords. Compact powders, cadmium, mercury, atomic absorption spectrophotometry, heavy metals, cosmetics

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Está bien documentado el daño a la salud que origina la exposición a ciertos metales pesados, entre ellos el cadmio y el mercurio. Por ejemplo, la toxicidad renal, ósea y efecto carcinogénico del cadmio y el mercurio con efectos tóxicos a nivel renal, dérmico y neurológico.

Respecto a los cosméticos, el mercado en el Perú ha ido creciendo año a año, dentro de ello el comercio informal en muchos puntos de la capital, lo que pone en riesgo la salud de la población al no haber un control estricto sobre la calidad del producto cosmético. Esto queda demostrado en los numerosos estudios previos realizados sobre cuantificación de metales pesados en cosméticos a nivel nacional e internacional. Dentro de los productos cosméticos más utilizados tenemos el polvo compacto debido a sus propiedades anti-imperfecciones y atenuantes del brillo en el rostro por lo que se consideró como objeto del presente estudio, además de la poca bibliografía relacionada a este tipo de cosmético.

Existe evidencia nacional e internacional sobre la presencia de metales pesados en cosméticos con concentraciones superiores a los límites establecidos por la regulación internacional. Esto toma mayor relevancia con el incremento en la comercialización de cosméticos como el polvo compacto en los diversos mercados de la capital, siendo los ubicados en el Cercado de Lima los lugares de mayor expendio. Muchos de estos cosméticos poseen precios muy accesibles y en algunos casos sin registro sanitario, lo que convierte todo esto en un problema de salud pública.

Por todo ello, y resaltando los potenciales efectos tóxicos del cadmio y el mercurio, se hace importante verificar la presencia y cuantificar dichos metales en el polvo compacto, comparando los valores obtenidos con la regulación internacional como la FDA y el Gobierno de Alemania, con la finalidad de identificar fuentes de exposición a estos metales en este tipo de producto cosmético contribuyendo así a la salud pública con la generación de información para una regulación más estricta de estos cosméticos en el país. En

consecuencia, se formula la siguiente pregunta: ¿Cuál será la concentración de mercurio y cadmio en las muestras analizadas de polvos compactos comercializados en el Cercado de Lima?

1.1 Objetivo general

Determinar la concentración de cadmio y mercurio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de mercurio en producto cosmético, polvo compacto comparándolas con el límite establecido por la FDA.
- Determinar las concentraciones de cadmio en producto cosmético, polvo compacto comparándolas con el límite establecido por el Gobierno de Alemania.
- Comparar las concentraciones halladas de cadmio y mercurio en producto cosmético, polvo compacto entre las cinco diferentes marcas.

1.3 Hipótesis

Las concentraciones de mercurio y cadmio en el producto cosmético, polvo compacto comercializado en el Cercado de Lima serán superiores a los límites establecidos por la FDA y por el Gobierno de Alemania, respectivamente.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En la India se investigó la concentración de plomo y cadmio en productos cosméticos utilizando espectrofotometría de absorción atómica de llama, las mayores concentraciones de cadmio que se detectaron fueron en las muestras de champú (0,04 µg/g), seguido de jabón (0,036 µg/g), cremas faciales (0,025 µg/g), cremas de afeitar (0,017 µg/g) y talco (0,013 µg/g); además todas las marcas de talco mostraron presencia de cadmio en pequeñas cantidades¹.

Un estudio realizado en diferentes productos cosméticos vendidos en tiendas de Nigeria evidenció la presencia de metales pesados como Mn, Ni, Cu, Cd, Cr y Pb. Los cosméticos incluían, polvos faciales, cremas blanqueadoras y labiales de distintos precios. El método utilizado fue de espectrofotometría de absorción atómica de llama. El rango de concentraciones para Cd y Pb en cremas blanqueadoras fue de 0,14 – 1,32 mg/kg y 0,05 – 0,14 respectivamente. En labiales el rango para Cd y Pb fue de 0,07 – 1,67 y 0 – 0,19 respectivamente. Y en polvos faciales el rango para Cd y Pb fue de 0,07 – 1,74 y 0,08 – 0,33 mg/kg respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de metales halladas en productos costosos y productos baratos. Los autores resaltan las potenciales complicaciones en la salud que pueden causar la liberación lenta y la acumulación de los metales pesados en los tejidos humanos, así como también la necesidad de formular y reforzar guías de regulación respecto a estos metales².

En otro estudio realizado en el mismo país, se cuantificaron diversos metales en cosméticos faciales comercializados en supermercados y tiendas. Se analizaron 40 muestras de distintos tipos de cosméticos faciales como delineadores de ojos, lápices de ojos, sombra de ojos, bases, polvos y limpiadores faciales. El método utilizado fue la espectrofotometría de absorción atómica de llama para cuantificar Pb, Cd, Cr, Zn, Ni y Fe. Se

encontró que el 85% de las muestras contenían cadmio mientras que 18 de las 40 muestras contenían plomo. Los niveles de cadmio encontrados en polvos faciales obtenidos de supermercados fueron de $0,5 \pm 0,1$ mg/kg y los obtenidos de tiendas fueron de $0,4 \pm 0,2$ mg/kg. En Nigeria no existen regulaciones respecto a los niveles de metales pesados en cosméticos a pesar de su demostrada toxicidad³.

Una investigación realizada por miembros de la FDA en el año 2014 a 5 marcas de polvo compacto comercializadas en Estados Unidos utilizando Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS), evidenció la presencia de cadmio en una ellas con una concentración promedio de $0,072$ µg/g, mientras que en las marcas restantes los valores estuvieron por debajo del límite de detección⁴.

En el artículo científico titulado “Evaluación de contaminación por metales pesados tóxicos en productos cosméticos” utilizando un espectrómetro de emisión óptica por plasma inducido (ICP-OES), se cuantificaron Hg, Cd, Pb, Ni en diversos cosméticos procedentes de Jordania. Se encontró la presencia de Cadmio en el 80% de las muestras analizadas de polvo compacto, siendo la concentración promedio de $3,44$ µg/g. En el caso del mercurio, se evidencio la presencia de este metal en el 15% de las muestras con una concentración promedio de $0,5$ µg/g⁵.

En Nigeria se realizó un estudio en talco de polvos cosméticos faciales de mayor comercialización, se determinó las concentraciones de Pb, Cd, Co y Cr mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama, las concentraciones medias de los metales analizados fueron $5,0 \pm 1,0$ mg kg⁻¹ para Pb, $2,1 \pm 0,3$ mg kg⁻¹ para Cd, $0,7 \pm 0,1$ mg kg⁻¹ para Co, y $0,2 \pm 0,1$ mg kg⁻¹ para Cr. Los autores resaltan la importancia de las buenas prácticas de la fabricación de estos cosméticos para evitar la contaminación por metales pesados⁶.

En otro estudio realizado en el mismo país se determinaron las concentraciones de cadmio en ocho tipos de cosméticos (barras de labios, brillos y bálsamos de labios, lápices de ojos, delineadores, sombras, rubores, máscaras de pestañas y polvos compactos faciales). Mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama, se analizaron 20 muestras de polvos faciales hallándose un promedio de $4,0 \pm 0,80 \mu\text{g/g}$ ⁷.

En una investigación realizada en Trinidad y Tobago en cremas aclarantes de piel se cuantificaron los niveles de mercurio mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío (CVAAS) y arsénico mediante el método de absorción atómica por generación de hidruro. Se encontró que las 15 muestras contenían mercurio en el rango de $0,473 \mu\text{g/g}$ a $0,766 \mu\text{g/g}$ y una muestra contenía $14,74 \mu\text{g/g}$ que es 14 veces más que el límite de mercurio de $1 \mu\text{g/g}$ de la FDA en Cosméticos. Estas altas concentraciones representan un riesgo elevado de daños en la salud por exposición crónica en dicha población⁸.

En Malasia se realizó una investigación sobre la contaminación de mercurio en crema aclarantes faciales. El método utilizado fue espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío (CV-AAS), las concentraciones de mercurio en las muestras fueron menores del límite establecido por la FDA excepto por una muestra de procedencia China con $1,13 \mu\text{g/g}$ ⁹.

En un estudio realizado en China respecto al contenido de mercurio en cosméticos comerciales, se analizaron 146 muestras mediante el método de espectrometría de absorción atómica por vapor frío. Del total, 134 (91,8%) fueron positivas para mercurio. De estas, los productos para el cuidado de las uñas mostraron las concentraciones más bajas con $0,01 \mu\text{g/g}$ en promedio. Las concentraciones más altas se encontraron en los cosméticos para la piel con $0,045 \mu\text{g/g}$ en promedio. Sin embargo, siempre menores que la concentración límite de $1 \mu\text{g/g}$ para mercurio según la regulación China¹⁰.

En el análisis realizado por la FDA a polvos compactos de distintas marcas comercializadas en los Estados Unidos se encontró una concentración de mercurio de 0,004 ppm en un producto fabricado por L'Oréal USA, mientras que en los productos de otros fabricantes las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección¹¹.

Finalmente, en el estudio realizado en Irak en muestras de labiales, polvos faciales, delineador de ojos, tintes para el cabello y cremas faciales se determinaron los metales Pb, Ni, Cu, Hg y Cd mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama. El rango promedio de mercurio en polvos faciales fue 0,08 µg/g¹².

2.2 Aspectos teóricos

2.2.1. Piel y cutis

La piel es considerada un órgano complejo que permite la interrelación y protección con el ambiente circundante. Está formada por células, tejidos y elementos de la matriz extracelular¹³. Posee un área aproximada de 1,7 m², variando en estructura y funciones en ciertas regiones como en la piel de la cara, la piel genital, el cuero cabelludo, las plantas y las palmas^{13, 14}.

Entre las funciones de la piel tenemos: Barrera física de permeabilidad, función inmunológica, regulación térmica, función sensitiva, protección contra la luz UV, función regenerativa y apariencia física externa. Estas funciones están mediadas por una o varias de sus tres principales regiones: La epidermis que comprende la capa basal, la capa espinosa, la capa granulosa y el estrato córneo; la dermis que le confiere a la piel su flexibilidad, elasticidad y fuerza tensil; y la hipodermis que permite su movilidad sobre las estructuras subyacentes^{13, 14}.

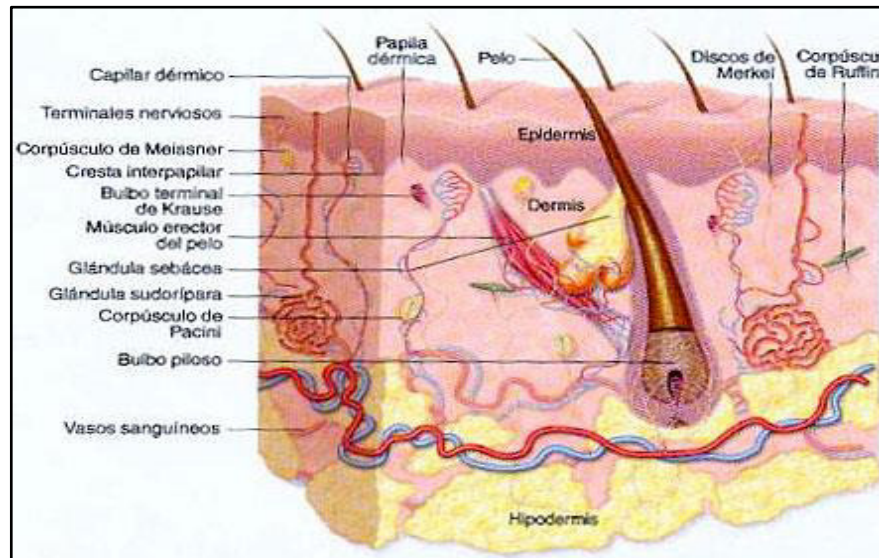


Figura 1. Estructura de la piel¹⁵.

La piel de la cara o cutis se divide en unidades estéticas faciales: mentón, labios, párpados, nariz, mejillas, sienes y frente. En cada una de ellas, la piel presenta características particulares como grosor, color, textura y movilidad. El grosor de la epidermis en los párpados es de aproximadamente 0,04 mm, la más delgada del cuerpo. Respecto a la grasa subcutánea, ésta es más gruesa a nivel del cuello, sienes y mejillas^{16,17}.

Existe una capa fibromuscular continua que recubre e interconecta los músculos de la expresión facial llamada sistema musculoaponeurótico superficial (SMAS). El SMAS permite diferenciar las capas faciales de la cara, dividiendo la grasa subcutánea en dos capas^{16,17}. La piel de la cara y del cuero cabelludo se mueven gracias a los músculos de la expresión facial y trabajan como esfínteres para los ojos, la nariz y la boca, estos músculos son inervados por el nervio facial. Respecto a la vascularización, las ramas de la arteria carótida externa irrigan gran parte de la cara^{16,17}.

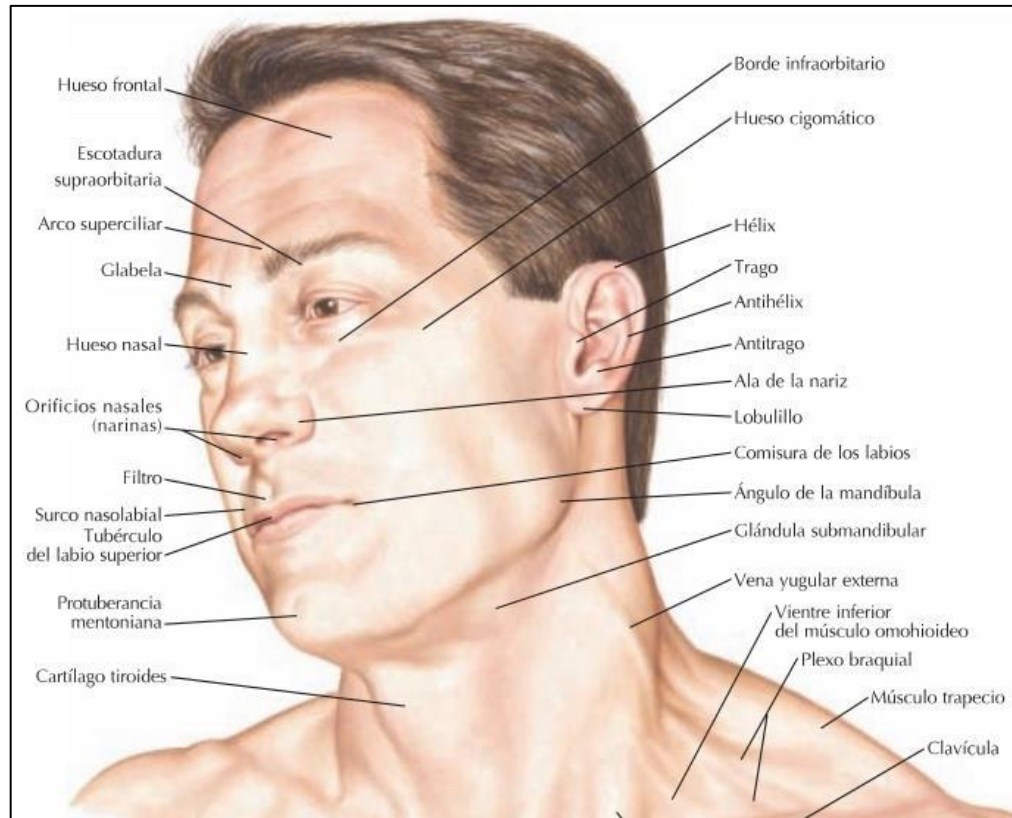


Figura 2. Anatomía de superficie de la cara¹⁸.

2.2.2. Polvo compacto

Es un tipo de cosmético utilizado para el maquillaje de la piel del rostro, se encuentra formando parte de los polvos faciales ya que estos se clasifican en polvos sueltos y compactos. Los polvos faciales se encuentran dentro de los productos cosméticos para la piel según DIGEMID^{19,20}.

El polvo compacto brinda a la piel un aspecto suave, ocultando imperfecciones y el brillo ocasionado por la grasa o humedad de la sudoración. El polvo compacto debe caracterizarse por una adecuada adherencia a la piel y resistencia a las secreciones de esta²¹.

a. Funciones e ingredientes del polvo compacto

Cada ingrediente de una formulación de polvo compacto le confiere cualidades específicas, con la finalidad de que el producto final tenga las siguientes funciones: función cubriente, función

absorbente, función de suavidad, función de adherencia y función de luminosidad^{21,22}.

Tabla 1. Funciones e ingredientes de polvos compactos²¹.

Función	Objetivo	Ingredientes
Función cubriente	Cubrir las imperfecciones de la piel como cicatrices, brillo excesivo, manchas, etc.	El dióxido de titanio, óxido de magnesio, el óxido de zinc, el caolín, etc.
Función absorbente	Eliminar el brillo cutáneo absorbiendo las secreciones de las glándulas sebáceas.	Almidón, caolín, carbonato de magnesio.
Función de suavidad	Proporcionar suavidad en la piel mediante la extensión del polvo	Talco, estearato de zinc y almidón.
Función de adherencia	Adherirse a la superficie del rostro mediante las propiedades mecánicas.	Talco, estearatos de zinc, estearato de magnesio, etc.
Función de luminosidad	Iluminar la piel mediante las propiedades físicas de refracción de los compuestos del polvo	Talco, almidón de arroz y almidón preparado, yeso, etc.

b. Formulación del polvo compacto

La formulación dependerá de las características que se le quiera dar a un polvo compacto; por ejemplo, un alto porcentaje de dióxido de titanio u óxido de zinc proporcionará un elevado poder cubriente; así como una mayor cantidad de carbonato magnésico disminuyendo la del talco, aumentará la absorbancia²¹.

Las fórmulas varían en características como la opacidad, deslizamiento, absorbencia, resistencia al agua y a la grasa, etc., siendo éstas muchas veces detectadas por el usuario en condiciones normales de uso^{21,22}.

Tabla 2. Formulación típica de polvo compacto²¹.

Ingrediente	% en peso
Talco	61,25
Lauril sulfato de sodio	0,75
Dióxido de titanio	7,50
Estearato de Zinc	11,25
Pigmentos inorgánicos	1,00
Aceite mineral	4,50
Alcohol cetílico	1,50
Lanolina	1,00
Glicerina	7,50
Metilparabeno	0,09
Propilparabeno	0,09
Fragancia	0,12

c. Fabricación del polvo compacto

Se preparan bien por un proceso de compresión húmeda o por compresión seca.

Por compresión húmeda: en este método se realiza la molienda del colorante con los ingredientes del polvo, esta mezcla pasa a través de un tamiz. Después al polvo tamizado se le añade la emulsión o solución aglutinante y se añade el perfume. Se tamiza nuevamente por una malla 60 por ejemplo y se deseca utilizando aire caliente o a temperatura ambiente, evitando que se volatilice el perfume al controlar la temperatura. Finalmente, se realiza la compresión del producto, el cual es colocado en envases adecuados^{21,22}.

Por compresión seca: en este método, la mezcla se comprime sin humedecerse. Este proceso, a pesar de su dificultad, es mejor para utilizarse en la producción de polvos compactos a gran escala, debido a que los polvos pueden quedar bien adheridos tomando en cuenta los parámetros de trabajo y mezcla^{21,22}.

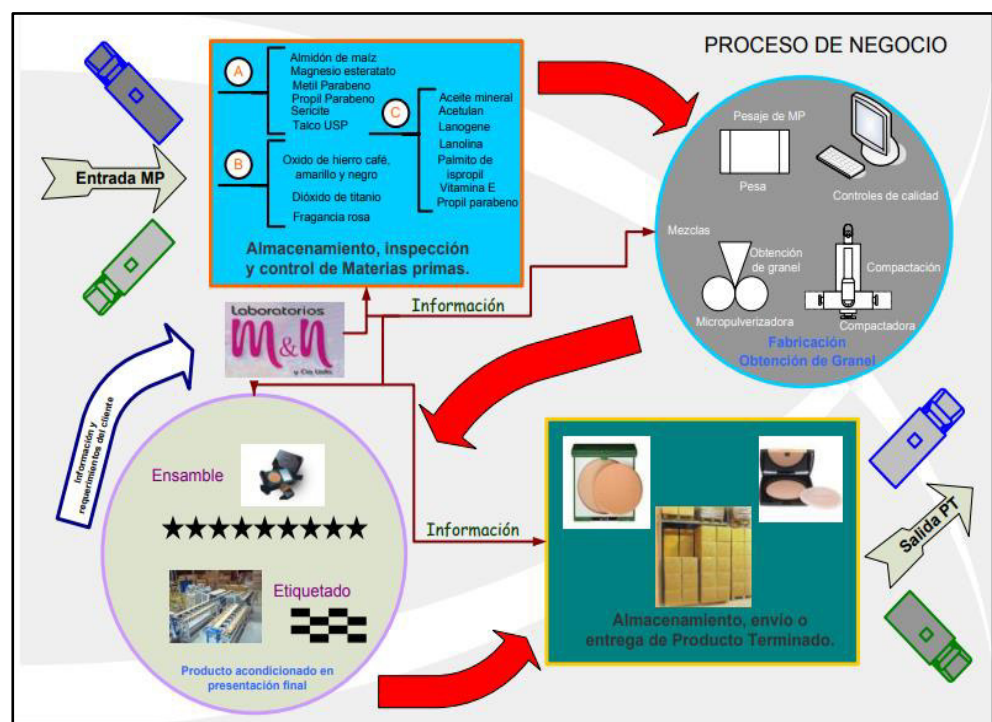


Figura 3. Proceso general de fabricación de polvos compactos²³.

2.2.3 Situación de la comercialización de los productos cosméticos en el Perú y el mundo

La comercialización de los productos cosméticos en el Perú, Bolivia, Colombia, y Ecuador está regulada actualmente por la Decisión 516, esto es debido a que son miembros de la Comunidad Andina (CAN) y se rigen bajo las normas de esta, la cual establece los requisitos y procedimientos que deben cumplir los productos cosméticos para comercializarse²⁴.

El mercado cosmético mundial es uno de los más activos a nivel mundial. En el año 2017 generó ventas por USD 455,160'000,000 con tendencia al alza en los próximos años. La región comercial más grande y de mayor crecimiento es Asia-Pacífico con el 32% de participación. Latinoamérica se ubica en cuarto lugar con un 13%. Los países Perú, México, Colombia y Chile forman la Alianza del Pacífico, la cual facturó USD 18,000'000,000 mientras la Comunidad Andina de Naciones (CAN) conformados por Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia tuvieron ventas en el 2017 de USD 7,000'000,000²⁵.

El sector cosmético peruano generó ventas en el 2017 por USD 2'197,000.00 representando un crecimiento de 8% respecto al año 2016. La comercialización se da por tres vías: retail, venta directa y comercio electrónico, con una participación de 50%, 49% y 1%, respectivamente al año 2017²⁵. El mercado en el Perú es principalmente importador con un 76% y una proyección a elevarse en los próximos años, mientras que la producción nacional es del 24%²⁶.

Tabla 3. Producción nacional e importación de cosméticos en el Perú²⁶.

	2012	2013	2014	2015	2016 ^a
Producción Nacional	38%	36%	31%	33%	24%
Importación	62%	64%	69%	67%	76%

La venta de productos cosméticos de consumo masivo representa un 92%, mientras que los productos cosméticos premium poseen un 8%²⁷. El Sector de Cosméticos e Higiene Personal en el año 2017, tuvo un crecimiento en soles del 4% respecto al año anterior. De todo este sector, la categoría maquillaje creció un 12%, siendo la de mayor desarrollo²⁸.



Figura 4. Tendencia y proyección del mercado peruano de cosméticos e higiene al 2022²⁸.

2.2.4 Mercurio

a. Propiedades fisicoquímicas

El mercurio es un metal de alta densidad ($13,55 \text{ g/cm}^3$) por lo que se le conoce como metal pesado, líquido a la temperatura ambiente y fácilmente volátil en ese estado. Su símbolo es Hg (del latín *hydrargirium*), tiene un número atómico de 80 y un peso atómico de 200,59 Da. Tiene la propiedad de ser muy soluble en diferentes solventes y grasas; e insoluble en el agua. El ser muy soluble en grasas le permite atravesar las membranas biológicas fácilmente. Entre otras propiedades que posee es la fácil reducción de sus iones, su unión por el azufre y con numerosos metales formando aleaciones denominadas amalgamas^{29, 30}.

b. Fuentes de contaminación

Los gases emanados de la corteza terrestre representan la principal fuente de mercurio, produciendo aproximadamente 2700 a 6000 toneladas por año. Se estima que se extrae por año 10000 toneladas de este metal y la cantidad producida por labores humanas es alrededor de 2000 a 3000 toneladas³¹.

Algunas fuentes de contaminación que tenemos son de la extracción de minerales; en la fabricación de baterías, fungicidas, pigmentos, termómetros explosivos y material fotográfico. Se encuentra en la composición de algunos antisépticos y su utilización en amalgamas dentales está desapareciendo. En fuentes de alimentación, puede estar presente en pescados contaminados bajo la forma de metilmercurio³².

c. Toxicocinética

No existe ninguna actividad biológica beneficiosa dependiente de mercurio en el ser humano. Por las distintas formas del mercurio (orgánico, inorgánico y metálico), existen diferentes procesos cinéticos y efectos tóxicos³³.

Mercurio metálico: en estado líquido, se absorbe por vía cutánea un 6%, por vía digestiva no hay absorción significativa. La principal vía de absorción es respiratoria por la inhalación de vapores. Proveniente de esta vía, se distribuye a través de la sangre y se acumula en mayor cantidad a nivel de los riñones y el cerebro, además en testículos, hígado, cabello, intestino, glándulas salivales y piel, pero en cantidades pequeñas. Puede atravesar la barrera placentaria y la hematoencefálica.

Se elimina en pequeña concentración en la exhalación a través de vapores, también con el sudor, la saliva, las lágrimas y el cabello. La mayor cantidad se elimina por heces y la orina. La vida media varía de

días hasta meses debido a que la mayor parte del mercurio se excreta en los primeros 60 días; sin embargo, una pequeña cantidad de mercurio acumulado en el cerebro puede tardar hasta un año en ser eliminado^{32,33}.

Mercurio Inorgánico: su absorción es por vía digestiva y poco por vía respiratoria, luego pasa al sistema circulatorio para unirse a moléculas proteicas plasmáticas y grupos sulfhidrilos. La mayor parte se almacena en riñón (esto se debe a la presencia de la metalotioneína que tiene gran afinidad con el mercurio) y el resto en tracto digestivo, hígado, bazo y testículos y sólo trazas de mercurio pueden atravesar la barrera del cerebro. La eliminación se da principalmente por medio de las heces y en menor medida por la orina. La vida media es de aproximadamente 42 días. La sal inorgánica más común es cloruro de mercurio²⁹.

Mercurio orgánico: se encuentra en fungicidas, derivados de metilmercurio y medicamentos. Se absorben por las vías respiratorias, digestiva y cutánea, después de ser absorbidos estos se unen por grupos sulfhidrilos a otros compuestos orgánicos y se acumulan en mayor porcentaje en el cerebro, hígado y en menor porcentaje en otros órganos. Los compuestos orgánicos atraviesan fácilmente las membranas biológicas (como la barrera hematoencefálica, placentaria). Una gran proporción de mercurio absorbido sufre procesos de desmetilación que genera gran concentración de su forma inorgánica a nivel renal y hepático. Se elimina por medio de la orina y las heces. La vida media varía entre 100 a 190 días³³.

Tabla 4. Toxicocinética del mercurio^{32,33}.

	Absorción	Distribución	Metabolismo	Eliminación
Mercurio Metálico	Dérmica: líquido 6% Respiratoria: Vapor 80%	Sangre (eritrocitos) Nervios periféricos, Cerebro, intestino, testículos, riñón, hígado	Por oxidación → Hg ⁺² por la enzima catalasa en los peroxisomas	Exhalación: ↓ cantidad Heces y orina: ↑ cantidad. Vida media 60 días.
Mercurio Inorgánico	Respiratoria: poco Oral: 2 % - 15% Dérmica 8%	Sangre: Moléculas proteicas. Riñón, hígado, bazo, testículos.	Compuestos mercuriosos → compuestos mercúricos (Hg ⁺²)	Heces y orina: ↑ cantidad. Vida media 42 días.
Mercurio Orgánico	Oral: 80% Dérmica: Buena	Sangre (eritrocitos) Cerebro (↑ cantidad) Hígado (↓cantidad)	Por desmetilación (especialmente en el hígado) y oxidación Hg ⁺² por la enzima catalasa .	Heces y orina: ↑ cantidad. A través de la leche, cabello. Vida media 100 a 190 días.

d. Toxicodinamia

El mercurio inorgánico y orgánico genera toxicidad debido a su unión a los componentes celulares orgánicos que poseen grupos sulfhidrilos afectando así múltiples sistemas metabólicos. Los sistemas enzimáticos son afectados porque el mercurio en estado iónico se combina con las proteínas de las enzimas formando proteinato de mercurio, inhibiendo varias enzimas esenciales, la síntesis de proteínas en la mitocondria y afectando la función energética³⁴.

El Hg entra a las células de los túbulos proximales desde la circulación sistémica, a través de los transportadores de aniones orgánicos 1 (Oat 1) y transportador de aniones orgánicos 3 (Oat 3). Dentro de la célula, el enlace mercurio-carbono se rompe, lo que convierte al mercurio orgánico en inorgánico por un proceso enzimático o no enzimático. Al mismo tiempo, la acumulación de Hg está estrechamente relacionada con la generación de ROS, expresión de ARNm de metalotioneína, apoptosis y daño de túbulos proximales.

El Hg^{+2} tiene una mayor afinidad para unirse con las enzimas que contienen grupos tiol, las inactiva a través de la oxidación irreversible. La inactivación de la proteína sulfhidrilo (por ejemplo, Na^+/K^+ -ATPasa) también afecta la integridad celular, alterando el potencial de la membrana, el volumen de las células, así como las organelas celulares; como consecuencia se genera radicales libres (actividad de la mieloperoxidasa y MDA) y la proteína urea (actividades de la N-acetil-beta-D-glucosaminidasa (NAG))³⁵.

La ausencia de la proteína detoxificante o una reducción de selenotiol con actividad antioxidante (por ejemplo, la tiorredoxinareductasa, TrxR) también facilita el daño a los túbulos proximales. NF- κ B también desempeñan un papel crucial en el daño renal vinculado a la apoptosis, aumentando la sensibilidad a la apoptosis, lo cual se ha encontrado tanto en estudios in vitro como in vivo. El mercurio altera la permeabilidad celular, además disminuye la resistencia eléctrica transepitelial (TER) y facilita la fosforilación de la ocludina, la cual es una proteína de unión estrecha (proteínas transmembranales que forman puntos de adhesión entre célula y célula), a través de un mecanismo dependiente de la proteína quinasa A (PKA)³⁵.

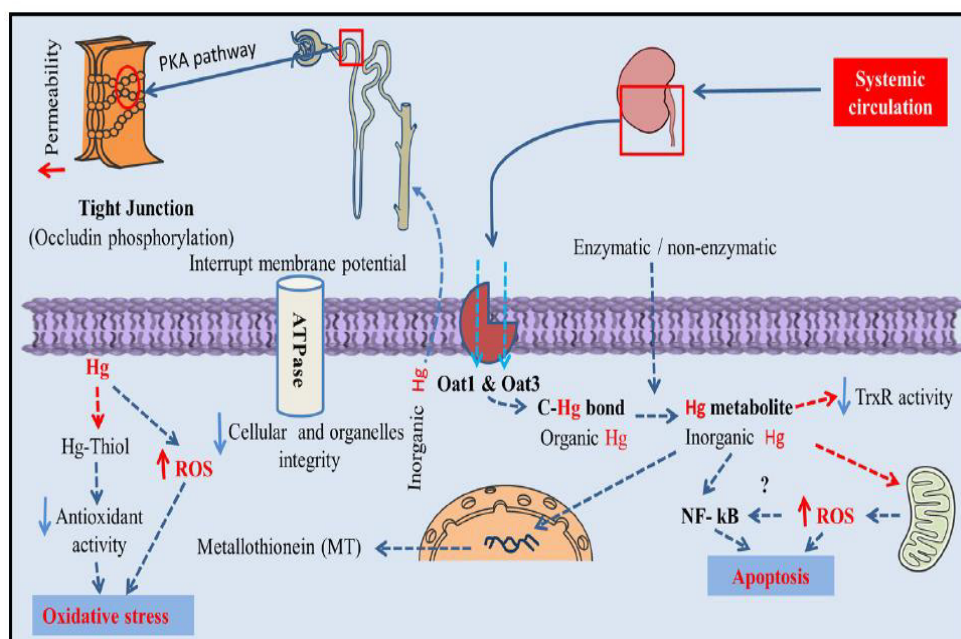


Figura 5. Toxicodinamia de la toxicidad renal inducida por Hg ³⁵.

e. Límites de exposición

Tabla 5. Límites de exposición del mercurio³⁶.

Fuente de exposición	Ente regulador	Límite establecido
Agua potable	EPA y FDA	< 2 ppb de mercurio inorgánico
Productos de consumo	FDA	< 1 ppm de metilmercurio en mariscos y semillas de granos tratados
Aire en el trabajo	OSHA	< 0,1 mg/m ³ de mercurio orgánico.
		< 0,5 mg/m ³ de vapores de mercurio orgánico durante 8 horas/40 horas semanales.
Aire en el trabajo	NIOSH	< 0,05 mg/m ³ durante 10 h.

f. Límites de concentración en productos cosméticos

Respecto a los niveles permitidos de este metal en cosméticos, éstos se encuentran regulados en algunos países. Por ejemplo, en Europa la regulación (EC) 1223/2009 y su directiva 76/768/EEC especifica que el mercurio y sus compuestos no están permitidos como ingredientes, excepto las sales de tiomersal y fenilmercúrico en una concentración máxima de 0,007%³⁷. La FDA permite los compuestos de Hg como ingrediente de cosméticos para el área de los ojos en concentraciones iguales o menores a 65 µg/g expresado como mercurio, mientras que para los demás cosméticos las concentraciones como ingrediente o impureza deben ser menores a 1 µg/g³⁸.

g. Intoxicación aguda

Ingestión: ocasiona dolor abdominal, emesis y diarrea sanguinolenta con mucosidad que persiste por semanas. Luego de la ingestión (un día a dos semanas) ocurre oliguria o anuria pudiendo ocasionar la muerte por uremia³³.

Inhalación: por esta vía se origina fiebre, emesis, disnea y diarrea. Los cuales pueden desaparecer o empeorar a edema pulmonar, neumonitis y neumotórax, siendo generalmente mortal en la niñez. Se da además insuficiencia renal con acidosis. Los compuestos alquilmercúricos afectan el SNC generando convulsiones, ataxia y temblores³³.

h. Intoxicación crónica

Inyección o ingestión: primero se produce urticaria, luego estomatitis, anemia, diarrea, leucopenia, daño a nivel hepático y renal, pudiendo causar IRA³⁹.

Inhalación o contacto cutáneo: origina mercurialismo, que tiene como manifestaciones líneas azules en las encías, diarrea, cefalea, depresión mental, insomnio, parestesias, deterioro mental, entre otros³⁹.

i. Tratamiento de la intoxicación

El tratamiento para los casos de intoxicación por mercurio depende de la vía de contaminación.

Tabla 6. Tratamiento de la intoxicación por mercurio³³.

Secuencia del tratamiento	Descripción
Medidas de soporte y emergencia	<p>Inhalación de vapores: retirar inmediatamente del ambiente contaminado, brindarle suplemento de oxígeno y administrar líquidos por vía endovenosa.</p>
	<p>Ingestión: se debe realizar el lavado gástrico y catártico para impedir la absorción y favorecer la eliminación del tóxico.</p> <p>La emesis está contraindicada en casos de ingestión de mercurio inorgánico por ser corrosivo.</p>
Antídotos específicos	<p>Dimercaprol (BAL): es un agente quelante que en su estructura presenta 2 tioles que se unen al mercurio favoreciendo la eliminación de este.</p> <p>V.I: 3 mg/Kg cada 4 h x 2 días luego</p> <p>3 mg/kg cada 8 horas x 2 días, después 3 mg/kg cada 12 horas x 6 días.</p>
	<p>Penicilamina: es un agente quelante que se une al mercurio y que se utiliza vía oral.</p> <p>Adultos: 250 mg x cada 6 h.</p> <p>Niños: 20-30 mg/kg x día.</p>

2.2.5 Cadmio

a. Propiedades fisicoquímicas

Elemento químico de símbolo Cd, masa atómica de 112,4 y número atómico 48; pertenece al grupo 12 siendo un metal de los elementos de transición, posee un color blanco plateado, es maleable y altamente tóxico. Su punto de fusión es de 320,9°C, punto de ebullición es 765 °C, y su densidad es 8,6 g/cm³. Presenta una valencia de 2 en sus compuestos estables⁴⁰.

Debido a su reactividad, en estado natural se encuentra unido a otros elementos como oxígeno formando óxido de cadmio, cloro en forma de cloruro de cadmio y azufre como sulfato de cadmio o sulfuro de cadmio. Se obtiene principalmente a partir de la purificación de minerales que contienen plomo o zinc⁴¹.

b. Fuentes de contaminación

El cadmio está presente en pinturas, galvanizados, plásticos, plaguicidas, soldaduras, entre otros. Es liberado por la combustión de carbones, aceites y en plantas incineradoras³². Está presente en el suelo, siendo los factores que contribuyen a su presencia, precipitaciones, agua para irrigación y fertilizantes³¹.

Gran porcentaje del cadmio en el aire entra por la vía respiratoria, siendo absorbido y acumulado en vegetales y algunos animales. Por ejemplo, existe presencia de este metal en granos y cereales. Puede estar presente en el agua de consumo por el galvanizado o cobrizado de las tuberías. Además, el humo del cigarro es una fuente de exposición a este metal, ya que se han reportado de 0,1 a 0,2 pg de cadmio por cigarro⁴¹.

c. Toxicocinética

Absorción: se da principalmente por vía respiratoria, gastrointestinal y en menor medida a través de la piel³¹. Por vía

inhalatoria, se halló un porcentaje de absorción de hasta un 50%⁴¹. Por vía gastrointestinal se absorbe un 10%; este porcentaje aumenta debido a deficiencias de hierro, calcio o proteínas en la dieta. El cadmio se absorbe en mayor medida cuando existe deficiencia de calcio ya que se estimula la síntesis de la proteína de unión al calcio. Por otro lado, su absorción disminuye debido al zinc debido a la estimulación en la producción de metalotioneína^{31,42}.

Los compuestos de cadmio son inhalados como partículas. Dichas partículas son depositadas a nivel de la nasofaringe, de la zona traqueobronquial y la zona pulmonar en diferentes proporciones dependiendo del tamaño de partícula⁴³.

Distribución: el cadmio se transporta unido a hemoglobina, metalotioneína y albúmina³¹. Más del 50% está en los hematíes unido inestablemente a una proteína de bajo peso molecular con abundantes grupos sulfhidrilo llamada metalotioneína⁴², esta proteína es el “medio de transporte” del cadmio en el plasma sanguíneo. El cadmio tiene una semivida de eliminación muy larga, de unos 15 años⁴⁴. Esta vida media varía según el órgano donde se encuentra acumulado el cadmio. Por ejemplo, en el plasma la fracción de cadmio se encuentra unida inestablemente a la metalotioneína tipo 1, la cual es llevada hacia el riñón. A este nivel, la metalotioneína tipo 2 se une con cierta estabilidad con el cadmio, acumulándose, siendo la vida media en este órgano de aproximadamente 68 años. A nivel hepático, ocurre también el mismo fenómeno, siendo la vida media aproximada de 19 años. En sangre, la vida media es de alrededor 2 meses y medio⁴².

A nivel renal, hepático y sanguíneo, se encuentra aproximadamente el 50% del contenido total de cadmio del cuerpo humano. La concentración normal sanguínea es menor a 1 µg/dL, aumentando hasta 10 µg/dL en trabajadores expuestos⁴².

Cuando la concentración de metalotioneína en las células de estos órganos es superada por concentraciones mayores de cadmio, el metal libre ejerce sus acciones tóxicas, cuyas primeras manifestaciones se presentan en los riñones⁴⁰. Existen factores que influyen en la acumulación de cadmio en hígado y riñón, como el grado de la función renal, la edad, la intensidad y del tiempo de exposición⁴³. El cadmio puede atravesar la barrera placentaria, ahí forma el complejo cadmio-metalotioneína al inducir la formación de esta proteína. Este complejo se irá acumulando durante el embarazo lo que evitará el transporte de cadmio hacia el feto⁴⁵. Se ha encontrado que luego del embarazo, a nivel placentario la concentración de este metal es alrededor de 10 veces más que en la sangre materna⁴⁶.

Metabolismo: el cadmio no experimenta reacciones metabólicas como alquilación, reducción u oxidación. Una vez absorbido es eliminado muy lentamente. Al unirse a la metalotioneína, debido a su gran afinidad, se elimina su efecto tóxico mientras se encuentra en el medio intracelular⁴⁷.

Eliminación: se da a través de las heces, orina, uñas, pelo y mediante la descamación de la piel⁴⁰. Por orina, la eliminación diaria del contenido corporal es de 0,007 %, mientras que por heces es de 0,03%⁴².

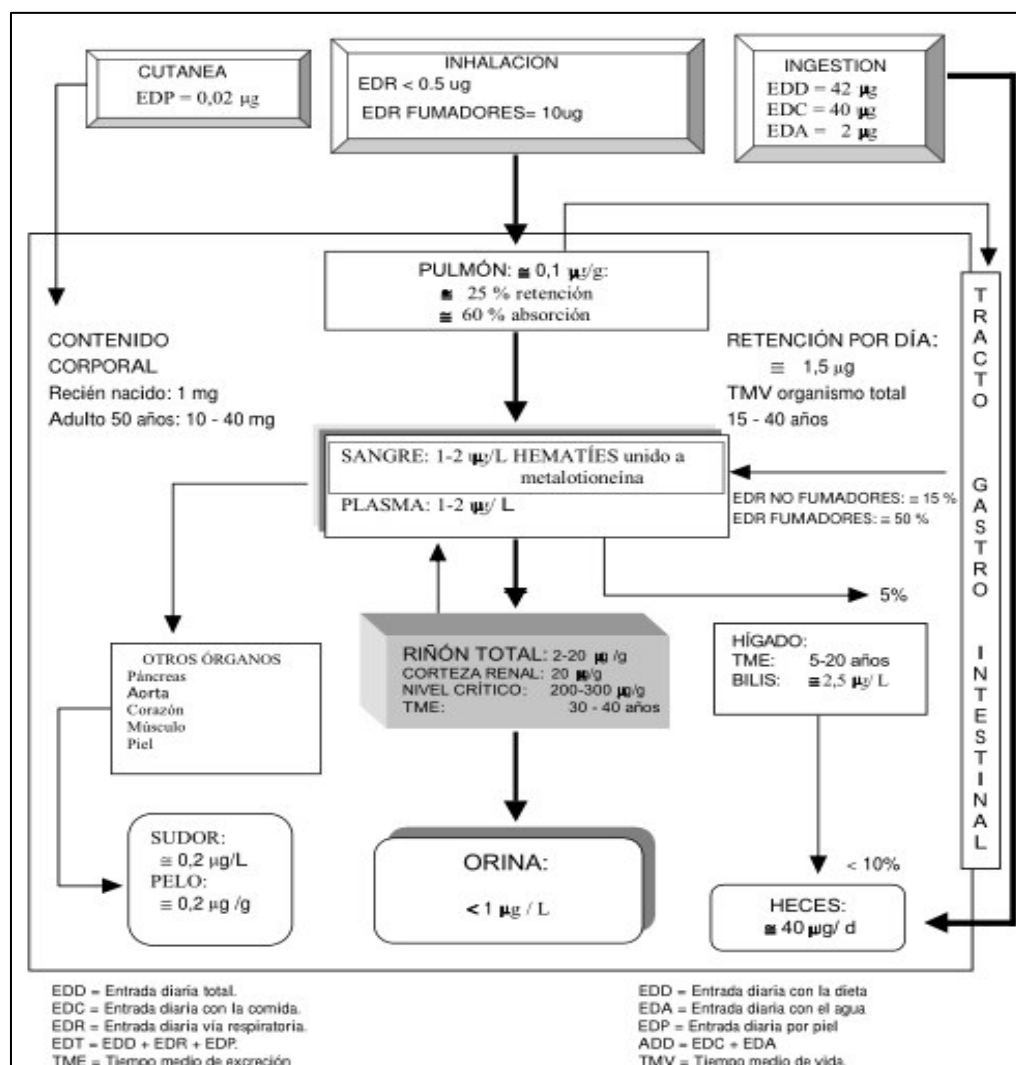


Figura 6. Toxicocinética del cadmio⁴².

d. Toxicodinamia

Los órganos más afectados son los riñones, los huesos y los pulmones⁴⁸. Tras la exposición, el Cd se transporta hasta el plasma sanguíneo donde forma un complejo con la metalotioneína que puede filtrarse fácilmente por el glomérulo, también puede reabsorberse a nivel del túbulo proximal y el túbulo distal por endocitosis adsorptiva, con la ayuda del transportador ZIP 8 situado en la superficie apical de las células tubulares renales. Tras la entrada en la célula tubular, el lisosoma rompe el complejo para liberar al cadmio, iniciando el daño a los riñones a través de la alteración del gradiente electroquímico mediado por Ca^{+2} . Esto

induce estrés oxidativo, infiltración de células inflamatorias y disminución de coenzimas mitocondriales como por ejemplo Q9 y Q10³⁵.

Respecto a la apoptosis de las células renales inducidas por cadmio, los radicales libres y el stress del retículo endoplásmico influyen de forma separada dependiendo del tipo de célula. Por ejemplo, incrementando el Ca^{2+} intracelular, la despolarización de la membrana mitocondrial potenciado por el estrés del retículo endoplásmico activa caspasas 9 y 3 para iniciar la apoptosis vía ERK, mientras que el exceso de ROS activa glucógeno sintasa quinasa (GSK-3 β) para llevar a cabo la fagocitosis o la apoptosis de las células mesangiales. Además, la entrada de Cd en los túbulos proximales reduce las uniones célula-célula dependientes de la cadherina (dependiente del Ca^{2+}). El Cd también se dirige a la molécula de adhesión celular, posiblemente mediante la regulación de la activación de la proteína quinasa C y la vía de señalización de MAPK antes de la lesión mitocondrial³⁵.

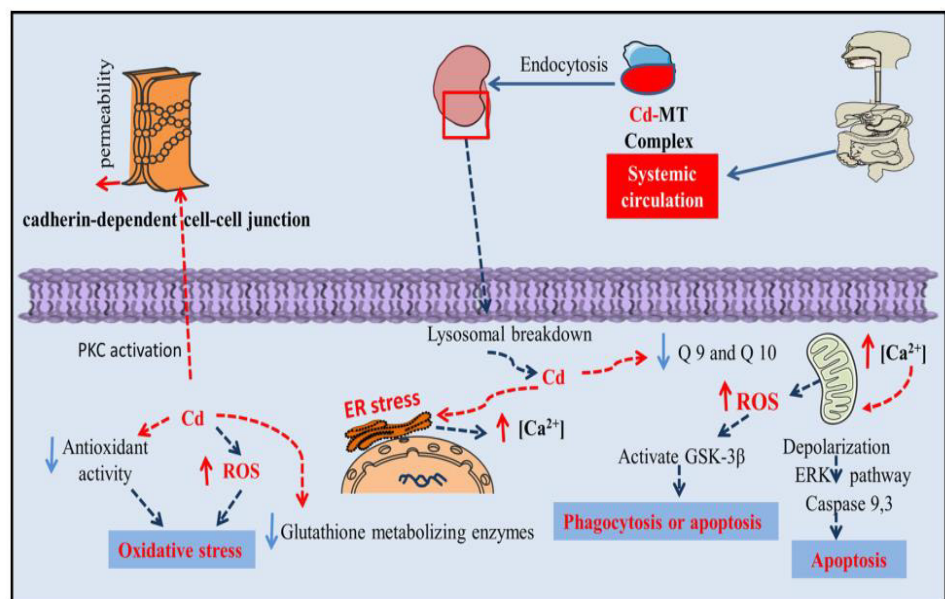


Figura 7. Toxicodinamia del Cadmio³⁵.

e. Límites de exposición

Tabla 7. Límites de exposición del cadmio³⁶.

Fuente de exposición	Ente regulador	Límite establecido
Agua potable	EPA	<0,04 mg/L por hasta 10 días en niños
		<0,005 mg/L
Productos de consumo	FDA	<0,005 mg/L
Aire en el trabajo	OSHA	<5 µg/m ³ durante 8 horas

f. Límites de concentración en productos cosméticos

Existen regulaciones para los niveles de Cd en cosméticos; la Unión Europea prohíbe al cadmio y sus compuestos como ingredientes³⁷, en Canadá el máximo nivel permitido como impureza es de 3 µg/g⁴⁹ y en Alemania también como impureza es de 0,1 µg/g⁵⁰.

g. Intoxicación aguda

El cadmio por ingestión causa náuseas, emesis, diarrea y dolores en el abdomen. Cuando las concentraciones son de hasta 100 mg ocasionan estos síntomas gastrointestinales, y a concentraciones mayores de 350 mg puede producir la muerte⁴¹.

Cuando la contaminación es por inhalación, las concentraciones mayores a los 200 µg/m³ inducen la "fiebre de los metales"; mayores a 500 µg/m³ generan neumonía química, edema agudo de los pulmones y hasta la muerte⁴¹.

h. Intoxicación crónica

La exposición crónica ocurre principalmente por la ingestión de los alimentos y por origen ocupacional a través de la inhalación del polvo y de los vapores de cadmio.

El cadmio posee una vida media mayor de 10 años, almacenándose principalmente en el riñón (50%), hígado y la próstata. Produce nefrotoxicidad, lesión de los túbulos proximales, empeorando hasta una nefritis intersticial crónica, además ocasiona osteoporosis, alteraciones pulmonares, cáncer, anemia, entre otros³¹.

i. Tratamiento de la intoxicación

Ingestión: se debe de administrar leche con clara de huevo para mitigar la irritación gastrointestinal producido por el cadmio y realizar un lavado gástrico, si los síntomas persisten se administran un antídoto específico, EDTA cálcico disódico vía intravenosa lenta o intramuscular profunda en dosis de 50-75 mg/kg/día por el tiempo de 5 días^{32,39}.

Inhalación: se debe de retirar inmediatamente del ambiente contaminado, brindarle suplemento de oxígeno y tratar los daños respiratorios con mayor atención al pulmón. Se recomienda utilizar el antídoto específico, EDTA cálcico disódico. Los quelantes no se recomiendan en la intoxicación crónica^{32, 39}.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación fue de tipo descriptivo, observacional y transversal.

3.1 Recolección de las muestras

Se realizó la recolección de 20 muestras de polvo compacto conformadas por 5 marcas diferentes, cada una de 4 distintos colores procedentes de las galerías Mesa Redonda, Tradición, Santa Catalina y Tarpuy; todas en el Cercado de Lima, lugar donde se realiza la mayor comercialización de estos cosméticos de origen chino principalmente.

Las muestras recolectadas y acondicionadas fueron llevadas al Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.2 Acondicionamiento de las muestras

Se realizó el siguiente procedimiento para el acondicionamiento de las muestras:

- Se preparó el área de trabajo y se rotularon las bolsas Ziploc que contendrían las muestras.
- Se retiraron los polvos compactos de sus envases primarios y se colocaron en las bolsas Ziploc.
- Las muestras acondicionadas se trasladaron al Laboratorio de CICOTOX-UNMSM para su respectivo tratamiento y análisis.



Figura 8. Acondicionamiento de las muestras.

3.3 Método utilizado

Se empleó el método de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito para la determinación de cadmio y el método de espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío para la determinación de mercurio.

3.3.1 Espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito

La espectrofotometría de absorción atómica es el método instrumental analítico utilizado principalmente para la determinación de trazas de metales pesados y metaloides en diversas matrices. En la técnica por horno de grafito, un tubo de grafito es ubicado en la cabina de muestra del equipo con la trayectoria de la luz pasando a través de ella. Un pequeño volumen de solución de muestra se coloca en el tubo, normalmente a través de un orificio de inyección de muestra ubicado en el centro de la pared del tubo. El tubo se calienta a través de una secuencia de temperatura preestablecida con la finalidad de que el analito presente en la muestra se disocie en átomos y pueda ocurrir la absorción atómica. Mientras los átomos se crean y se difunden fuera del tubo, la absorbancia aumenta y disminuye en una señal en forma de pico. La altura del pico o el área del pico integrada se utilizan para la cuantificación⁵¹.

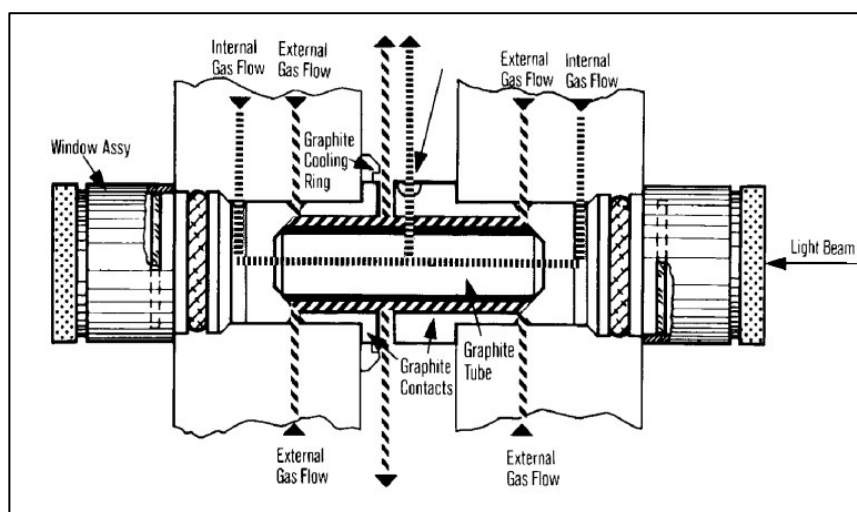


Figura 9. Estructura de un atomizador tipo horno de grafito⁵¹.

3.3.2 Espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío

La absorción atómica es el proceso mediante el cual el átomo en estado fundamental puede absorber energía de una radiación a una longitud de onda determinada y pasar un estado de excitación. Para lograr llegar al estado elemental del mercurio se utiliza el método de vapor frío, debido a que este elemento se vaporiza a temperatura ambiente. El mercurio presente en la muestra mezclado con HNO_3 y H_2SO_4 se convertirá en Hg^{+2} y este al mezclarse con Borohidruro de sodio (agente reductor) resultará Hg^0 (mercurio elemental), que será barrido por un gas inerte (Ar o N_2) a una celda de cuarzo y este mercurio elemental absorbe la energía proveniente de la lámpara, siendo traducida en señal de absorbancia a 253,7 nm⁵².

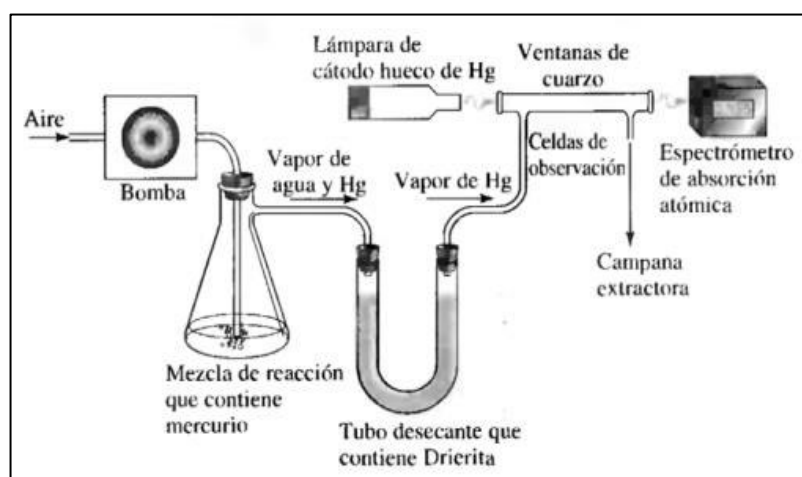


Figura 10. Proceso de determinación de mercurio por vapor frío⁵¹.

3.4 Equipos, reactivos y materiales

3.4.1 Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con Generador de Hidruros.
- Espectrofotómetro de Absorción THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con Horno Grafito.
- Balanza analítica.
- Mufla eléctrica.

- Plancha de calentamiento.

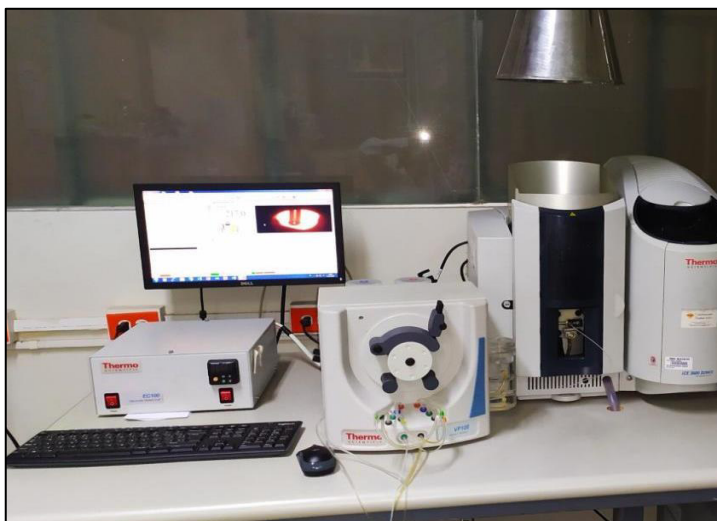


Figura 11. Espectrofotómetro de absorción atómica. Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con Generador de Hidruros-Vapor Frio. **Fuente:** laboratorio de CICOTOX.



Figura 12. Espectrofotómetro de absorción atómica. Marca y modelo THERMO SCIENTIFIC ICE 3000 equipado con Horno Grafito. **Fuente:** laboratorio de CICOTOX.

3.4.2 Materiales y reactivos

- Todos los reactivos utilizados se especifican "para análisis" y el agua es ultrapura.
- Ácido nítrico concentrado al 65 – 70% purificado.
- Ácido clorhídrico 35 – 37% purificado.
- Peróxido de hidrógeno 30%
- Solución de patrón de mercurio 1000 mg/L
- Borohidruro de sodio.
- Hidróxido de sodio.
- Gas argón UHP.
- Solución patrón de cadmio de 1000 mg/L.
- Nitrato de magnesio.
- Micropipetas de 1 y 5 mL.
- Micropipetas 1000µL.
- Viales de polipropileno de 1,5 mL

3.5 Determinación de mercurio

3.5.1 Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon de la siguiente manera:

- a. A partir de una solución stock de 1000 ppm de mercurio se tomó 1mL y se preparó una solución de 10000 ppb con agua ultrapura en fiola de 100 mL.
- b. Se tomó 1mL de la solución de 10000 ppb y se preparó una solución de 100 ppb en fiola de 100mL.
- c. Se tomaron 0,5; 1,25; 2,5 y 3,75 mL de la solución de 100 ppb y se pasaron a fioles de 25 mL, luego se añadió 3 mL de ácido nítrico concentrado, 1 mL de peróxido de hidrógeno al 30% y 1 mL de ácido clorhídrico concentrado en cada fiola para preparar soluciones de 2, 5, 10 y 15 ppb respectivamente para finalmente enrasar con agua ultrapura.

3.5.2 Resultados de la curva de calibración.

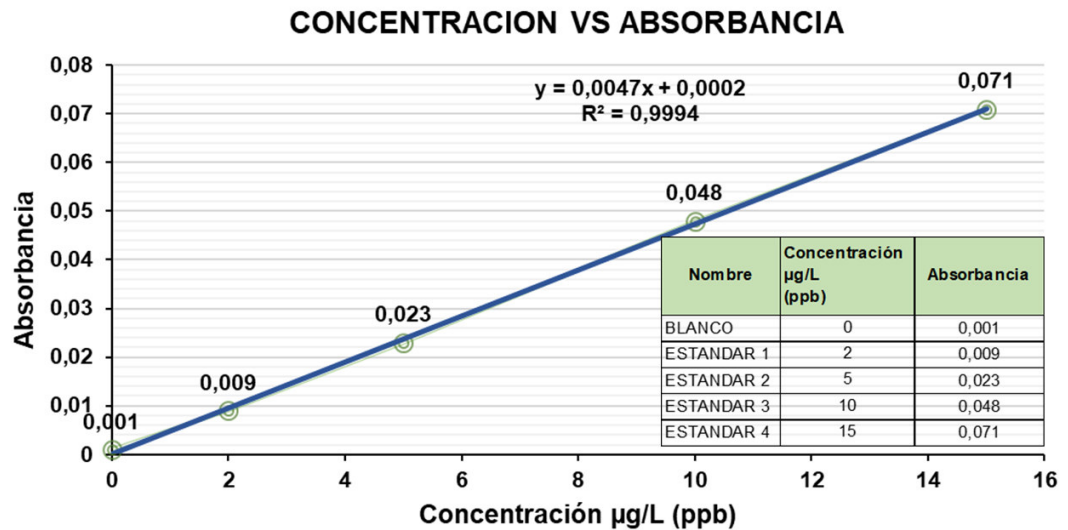


Figura 13. Resultados de la curva de calibración para la determinación de mercurio. **Fuente:** elaboración propia.

3.5.3 Lectura

Se aspiraron directamente las soluciones: blancos, estándares y muestras por la bomba generador de hidruros, utilizándose como carrier una solución de ácido clorhídrico al 10% v/v y como agente reductor una solución de borohidruro de sodio al 3% y 1% de hidróxido de sodio. Finalmente se procedió a leer.

3.5.4 Condiciones instrumentales

- Longitud de onda: 253,7 nm.
- Ranura: 0,5 nm.
- Corrección de fondo: lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 6 mA.
- Tiempo de lectura: 4 s
- Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco de Mercurio.
- Medida de señal: absorbancia
- Flujo de gas argón: 25 mL/min

3.5.5 Preparación de las muestras

- a. Se mezcló la muestra hasta homogeneidad, se pesó 1 g de polvo compacto y se transfirió a un matraz con cierre hermético.
- b. Se agregó 15 mL de ácido nítrico concentrado, 5 mL de peróxido de hidrógeno 30% y 5 mL de ácido clorhídrico concentrado.
- c. Luego se cerró el matraz y se dejó reposar por 15 minutos para iniciar la digestión.
- d. Posteriormente se abrió el matraz y se llevó a una plancha de calentamiento a 90°C hasta no evidenciar humos marrones (indicativo del final de la digestión), hasta concentrar a 4 mL aproximadamente.
- e. Después de enfriar la muestra se enrasó en una fiola de 25 mL y se procedió a filtrar con un filtro de membrana de 0,45 µm para proceder a realizar las lecturas.

3.6 Determinación de cadmio

3.6.1 Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon de la siguiente manera:

- a. A partir de una solución stock de 1000 ppm de cadmio se tomó 1 mL y se preparó una solución de 10000 ppb con agua ultrapura en una fiola de 100 mL.
- b. Luego se tomó 1 mL de la solución de 10000 ppb y se preparó una solución de 100 ppb en una fiola de 100 mL.
- c. Finalmente, en fiolas de 25 mL se añadieron 0,25, 1,25, 2,5 y 5 mL de la solución de 100 ppb para preparar soluciones de 1, 5, 10 y 20 ppb respectivamente, enrasando con agua ultrapura.

3.6.2 Resultados de la curva de calibración

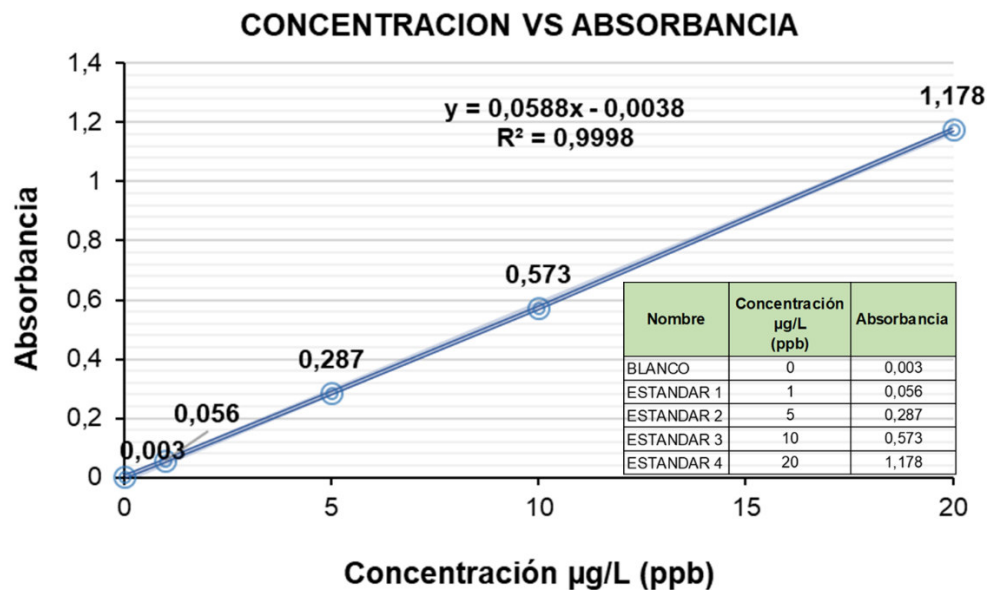


Figura 14. Resultados de la curva de calibración para la determinación de cadmio. **Fuente:** elaboración propia.

3.6.3 Lectura

Se tomó una alícuota de 1mL de estándares y muestras y se colocaron en cada vial. Luego se llevaron todos los viales al automuestreador del horno de grafito para su lectura.

3.6.4 Condiciones instrumentales

- Longitud de onda: 228,8 nm
- Ranura: 0,5 nm
- Corrección de fondo: lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 8 mA
- Tubo de grafito: normal
- Fuente de luz: lámpara de cátodo hueco de cadmio
- Medida de señal: área del pico.

El horno de grafito presenta una rampa de calentamiento con parámetros específicos para cada fase como la temperatura, el tiempo, la rampa y el flujo de gas.

Tabla 8. Secuencia de temperaturas en el horno de grafito para la determinación de cadmio. **Fuente:** Método propio CICOTOX

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (sg)	Rampa (°C/sg)	Gas flujo	Especificación
1	130	19.0	130	0.2L/min	Secado
2	350	10.0	44	0.2L/min	Calcinado
3	1200	2.0	0	Apagado	Atomización
4	2500	2.0	650	0.2L/min	Limpieza

3.6.5 Preparación de las muestras

- Cada muestra se mezcló hasta homogeneidad, se pesó 2 g y se transfirió a un crisol.
- Se agregó 3 mL de nitrato de magnesio al 50% w/v a cada crisol.
- Se colocaron los crisoles en una estufa para secarlos a una temperatura de 105 °C durante 3 horas.
- Se colocaron los crisoles en plancha de calentamiento a 350°C hasta completar la precalcinación.
- Se llevaron las muestras pre calcinadas a una mufla, calcinándolas a una temperatura 500°C durante 5 horas.
- Se enfriaron y se adicionó 10 mL de una solución de ácido clorhídrico al 6 M a cada crisol.
- Se calentó en plancha termostática por 5 minutos para luego transferirlas a un matraz aforado de 25 mL, enrasando con agua ultrapura y agitando.
- Finalmente se filtró un volumen necesario a través de un filtro de membrana de 0,45 µm para proceder a realizar las lecturas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Determinación de mercurio

Tabla 9. Valores de concentración de mercurio y comparación con el límite según FDA de las 20 muestras de producto cosmético, polvo compacto.

Nº	Código de muestra	Concentración de mercurio (µg/g)	Concentración límite según FDA (µg/g)	Observación
1	A-B	0,036	≤ 1	CUMPLE
2	A-O	0,033	≤ 1	CUMPLE
3	A-R	0,031	≤ 1	CUMPLE
4	A-CN	0,012	≤ 1	CUMPLE
5	B-M	0,142	≤ 1	CUMPLE
6	B-G	0,077	≤ 1	CUMPLE
7	B-A	0,063	≤ 1	CUMPLE
8	B-CN	0,074	≤ 1	CUMPLE
9	C-A	0,034	≤ 1	CUMPLE
10	C-CR	0,056	≤ 1	CUMPLE
11	C-R	0,046	≤ 1	CUMPLE
12	C-CN	0,049	≤ 1	CUMPLE
13	D-M	0,080	≤ 1	CUMPLE
14	D-G	0,083	≤ 1	CUMPLE
15	D-CR	0,064	≤ 1	CUMPLE
16	D-CN	0,061	≤ 1	CUMPLE
17	E-G	0,044	≤ 1	CUMPLE
18	E-CR	0,051	≤ 1	CUMPLE
19	E-A	0,011	≤ 1	CUMPLE
20	E-CN	0,036	≤ 1	CUMPLE
CONCENTRACIÓN PROMEDIO		0,054		

En la tabla 9 se muestran las concentraciones de mercurio de las 20 muestras de polvo compacto, donde las letras A, B, C, D y E corresponden a 5 marcas diferentes, mientras que las letras B, O, R, CN, M, G, A, CR corresponden a los colores bronce, oliva, rosado, canela, moreno, gitano, arena y coral respectivamente.

La muestra B-M presenta la concentración máxima de mercurio con 0,142 $\mu\text{g/g}$ mientras que la muestra E-A presenta la concentración mínima con 0,011 $\mu\text{g/g}$. La concentración promedio es de 0,054 $\mu\text{g/g}$.

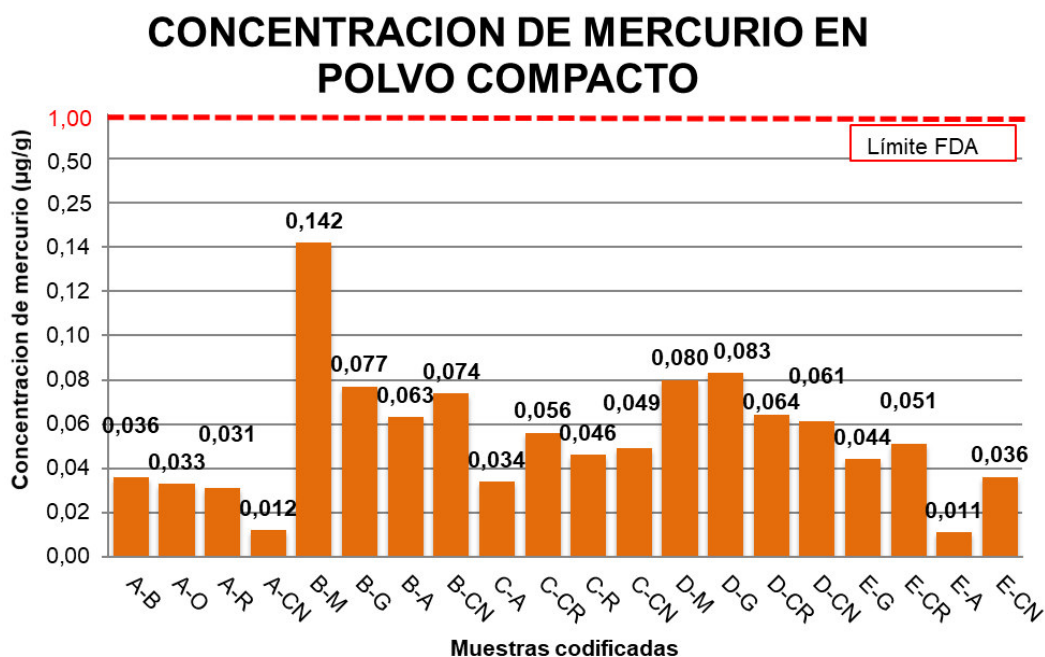


Figura 15. Concentración de mercurio en las muestras de polvo compacto ($\mu\text{g/g}$) comparadas con límite de la FDA.

En la figura 15 se observa la mayor concentración de mercurio en la muestra B-M con 0,142 $\mu\text{g/g}$ mientras que la menor concentración se encuentra en la muestra E-A con 0,011 $\mu\text{g/g}$. Ninguna de las muestras sobrepasa el límite establecido por la FDA de 1 $\mu\text{g/g}$.

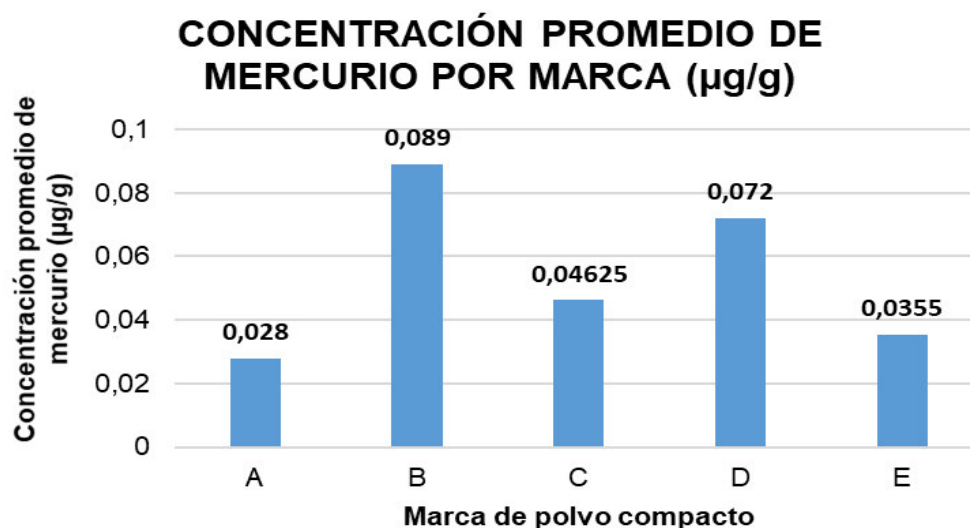


Figura 16. Concentración promedio de mercurio de las marcas de polvo compacto (µg/g).

En la figura 16 se evidencia que la marca de polvo compacto B presenta el mayor promedio de mercurio con 0,089 µg/g, mientras que la marca A presenta en promedio la menor concentración con 0,028 µg/g.

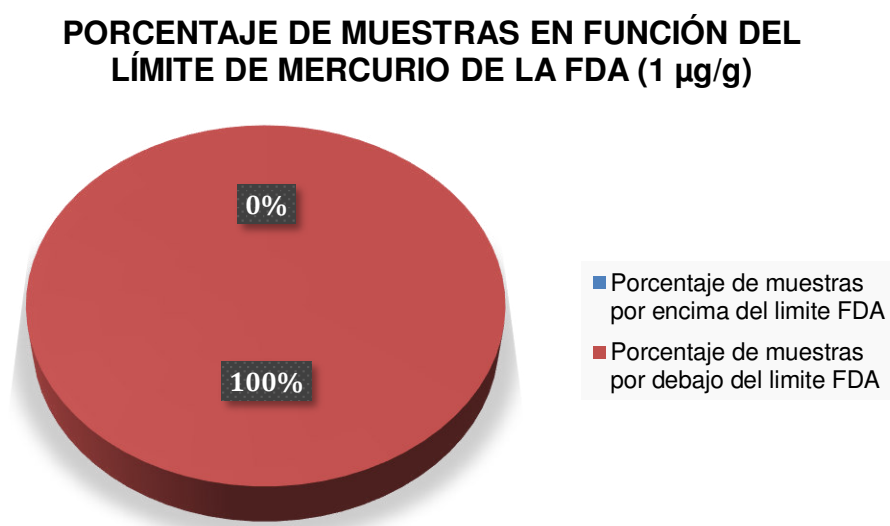


Figura 17. Porcentaje de muestras de polvo compacto por encima del límite de mercurio establecido por FDA.

En la figura 17 se aprecia que en el 100% de las muestras de polvo compacto (20) las concentraciones de mercurio son menores que el límite de 1 µg/g establecido por la FDA.

4.1.1 Análisis estadístico de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de mercurio en polvo compacto

a) Hipótesis:

H₀: La distribución de las concentraciones de mercurio en las muestras de polvo compacto es normal.

H₁: La distribución de las concentraciones de mercurio en las muestras de polvo compacto no es normal.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Evaluación estadística de normalidad Shapiro-Wilk

Tabla 10. Evaluación estadística de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de mercurio en polvo compacto.

	Estadístico (Wc)	Grados de libertad	Significancia (p)	Tabulado (Wt)
Concentración de mercurio	0,907	19	0,057	0,901

d) Decisión:

- El valor estadístico igual a 0,907 presenta una significancia de 0,057.
- El valor de $p = 0,057$ es mayor que $\alpha = 0,05$
- $W_c = 0,907 > W_t = 0,901$
- Se acepta la hipótesis nula.

e) Conclusión estadística:

- La distribución de las concentraciones de mercurio en las muestras de polvo compacto es normal considerando una significancia de 5%.

4.1.2 Análisis estadístico por comparación de varianzas (ANOVA) de las concentraciones de mercurio en polvo compacto

a) Hipótesis:

H₀: No existe diferencia significativa entre las concentraciones promedio de mercurio de las 5 marcas.

H₁: Existe diferencia significativa en la concentración promedio de mercurio en al menos una de las marcas.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Análisis Estadístico de Varianzas

Tabla 11. Datos descriptivos para el Análisis Estadístico de Varianzas (ANOVA) de las concentraciones de mercurio en polvo compacto.

Marcas	N	Media	Suma	Varianza
A	4	0,02800	0,112	0,000118
B	4	0,08900	0,356	0,001285
C	4	0,04625	0,185	0,000084
D	4	0,07200	0,288	0,000123
E	4	0,03550	0,142	0,000304
Total	20	0,05415	1,083	0,000855

Tabla 12. Resultados del Análisis Estadístico de Varianzas (ANOVA) de las concentraciones de mercurio en polvo compacto.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Valor estadístico (Fc)	Sig. (p)	Valor tabulado (Ft)
Entre grupos	0,011	4	0,00275	6,870	0,002	3,056
Dentro de grupos	0,006	15	0,0004	-	-	-
Total	0,016	19	-	-	-	-

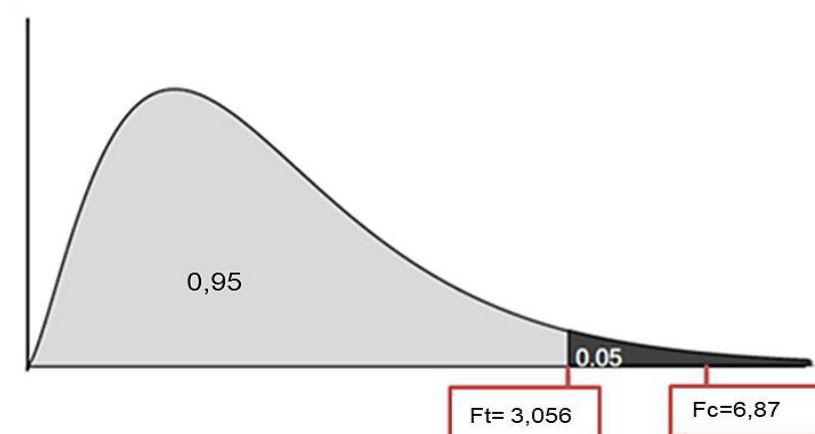


Figura 18. Valor y región críticos de la prueba de ANOVA para las concentraciones de mercurio.

d) Decisión:

- El Valor estadístico (Fc)=6,87 > valor tabulado (Ft) =3,056
- El Valor de $p = 0,002$ es menor que 0,05
- Se rechaza la hipótesis nula.

e) Conclusión estadística:

- Existe diferencia significativa entre las concentraciones promedio de mercurio de las 5 marcas considerando una significancia de 5%.

4.1.3 Análisis estadístico Post-Hoc de Tukey de las concentraciones de mercurio en polvo compacto

Tabla 13. Prueba de Tukey para mercurio en polvo compacto.

Marca		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Lim. inferior	Lim. Superior
A	B	-0,061000	0,013837	0,004	-0,10373	-0,01827
	C	-0,018250	0,013837	0,684	-0,06098	0,02448
	D	-0,044000	0,013837	0,042	-0,08673	-0,00127
	E	-0,007500	0,013837	0,981	-0,05023	0,03523
B	A	0,061000	0,013837	0,004	0,01827	0,10373
	C	0,042750	0,013837	0,050	0,00002	0,08548
	D	0,017000	0,013837	0,736	-0,02573	0,05973
	E	0,053500	0,013837	0,011	0,01077	0,09623
C	A	0,018250	0,013837	0,684	-0,02448	0,06098
	B	-0,042750	0,013837	0,050	-0,08548	-0,00002
	D	-0,025750	0,013837	0,378	-0,06848	0,01698
	E	0,010750	0,013837	0,933	-0,03198	0,05348
D	A	0,044000	0,013837	0,042	0,00127	0,08673
	B	-0,017000	0,013837	0,736	-0,05973	0,02573
	C	0,025750	0,013837	0,378	-0,01698	0,06848
	E	0,036500	0,013837	0,113	-0,00623	0,07923
E	A	0,007500	0,013837	0,981	-0,03523	0,05023
	B	-0,053500	0,013837	0,011	-0,09623	-0,01077
	C	-0,010750	0,013837	0,933	-0,05348	0,03198
	D	-0,036500	0,013837	0,113	-0,07923	0,00623

La diferencia de medias entre las concentraciones de mercurio de las marcas es significativa cuando el valor de significancia es menor o igual a $\alpha = 0,05$. Los valores sombreados corresponden a dichas diferencias significativas, las cuales son A - B, A - D, B - C y B - E.

4.1.4. Prueba de t de Student para las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el límite de la FDA.

a) Hipótesis:

H_0 : No existe diferencia significativa entre las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el límite establecido por la FDA.

H_1 : Existe diferencia significativa entre las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el límite establecido por la FDA.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Prueba t de Student

Tabla 14. Prueba t de Student de las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el límite de la FDA.

	Concentración de Mercurio	Límite FDA
Media (\bar{x})	0,0542	1
Varianza (S^2)	0,0009	0
Observaciones (m)	20	20
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	-
Grados de libertad (m-1)	19,0000	-

Estadístico t	-144,6283	-
P(T<=t) una cola	0,00000	-
Valor crítico de t (una cola)	1,7291	-
P(T<=t) dos colas	0,0000	-
Valor crítico de t (dos colas)	2,0930	-

d) Decisión:

- El Valor de $p = 0$ es menor que $\alpha = 0,05$
- Se acepta la hipótesis alterna.

e) Conclusión estadística:

- Existe diferencia significativa entre las concentraciones de mercurio en polvo compacto y el límite establecido por la FDA considerando una significancia de 5%.

4.2 Determinación de cadmio

Tabla 15. Valores de concentración de cadmio y comparación con el límite del Gobierno de Alemania de las 20 muestras de producto cosmético, polvo compacto.

Nº	Código de muestra	Concentración de cadmio (µg/g)	Concentración límite (µg/g)	Observación
1	A-B	0,586	0,1	NO CUMPLE
2	A-O	0,951	0,1	NO CUMPLE
3	A-R	1,185	0,1	NO CUMPLE
4	A-CN	1,283	0,1	NO CUMPLE
5	B-M	1,439	0,1	NO CUMPLE
6	B-G	1,414	0,1	NO CUMPLE
7	B-A	1,144	0,1	NO CUMPLE
8	B-CN	0,785	0,1	NO CUMPLE
9	C-A	0,540	0,1	NO CUMPLE
10	C-CR	0,597	0,1	NO CUMPLE
11	C-R	1,119	0,1	NO CUMPLE
12	C-CN	1,344	0,1	NO CUMPLE
13	D-M	0,648	0,1	NO CUMPLE
14	D-G	1,124	0,1	NO CUMPLE
15	D-CR	0,493	0,1	NO CUMPLE
16	D-CN	0,728	0,1	NO CUMPLE
17	E-G	0,188	0,1	NO CUMPLE
18	E-CR	0,293	0,1	NO CUMPLE
19	E-A	0,247	0,1	NO CUMPLE
20	E-CN	0,179	0,1	NO CUMPLE
CONCENTRACIÓN PROMEDIO		0,814		

En la tabla 15 se muestran las concentraciones de cadmio de las 20 muestras de polvo compacto, donde las letras A, B, C, D y E corresponden a 5 marcas diferentes, mientras que las letras B, O, R, CN, M, G, A, CR corresponden a los colores bronce, oliva, rosado, canela, moreno, gitano, arena y coral respectivamente.

La muestra B-M presenta la concentración máxima de cadmio con 1,439 $\mu\text{g/g}$ mientras que la muestra E-CN presenta la concentración mínima con 0,179 $\mu\text{g/g}$. La concentración promedio es de 0,814 $\mu\text{g/g}$.

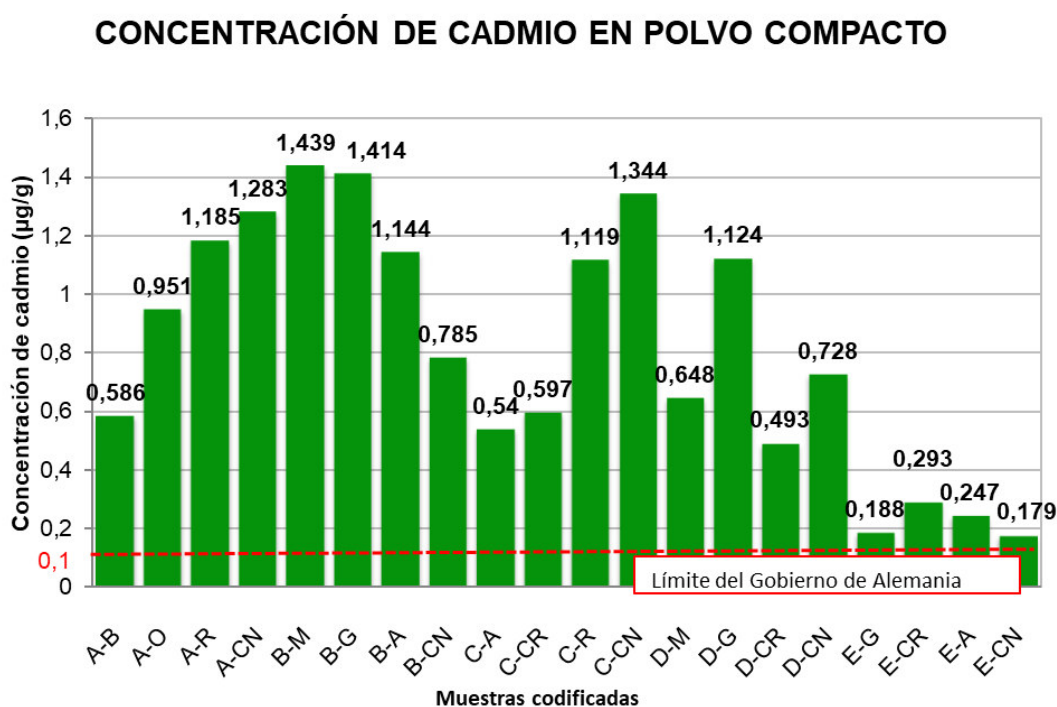


Figura 19. Concentración de cadmio en las muestras de polvo compacto ($\mu\text{g/g}$) comparadas con el límite de Alemania.

En la figura 19 se observa la mayor concentración de cadmio en la muestra B-M con 1,439 $\mu\text{g/g}$ mientras que la menor concentración se encuentra en la muestra E-CN con 0,179 $\mu\text{g/g}$. Todas las muestras sobrepasan el límite establecido por Alemania de 0,1 $\mu\text{g/g}$ para cadmio en polvo compacto.

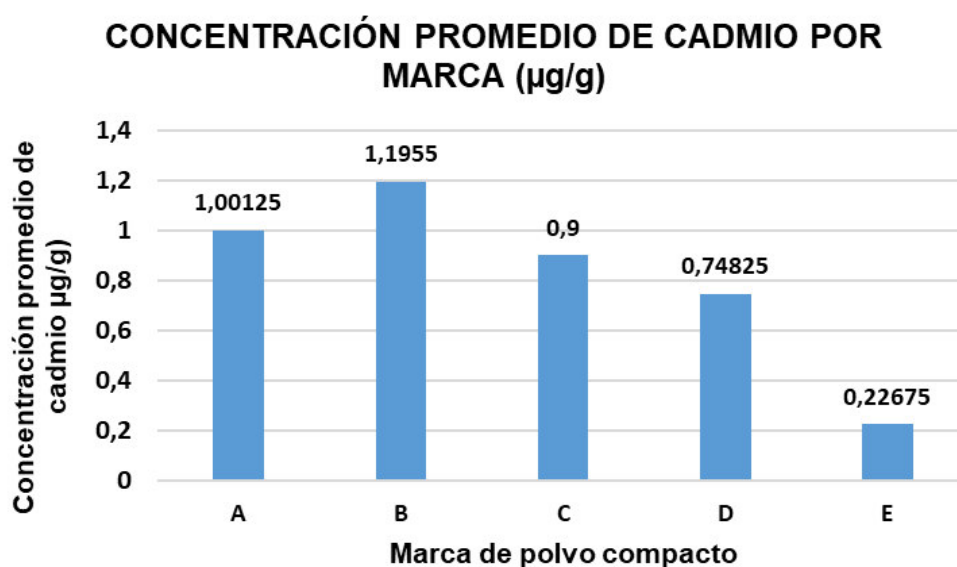


Figura 20. Concentración promedio de cadmio de las marcas de polvo compacto (µg/g).

En la figura 20 se evidencia que la marca de polvo compacto B presenta el mayor promedio de cadmio con 1,1955 µg/g, mientras que la marca E presenta en promedio la menor concentración con 0,22675 µg/g.

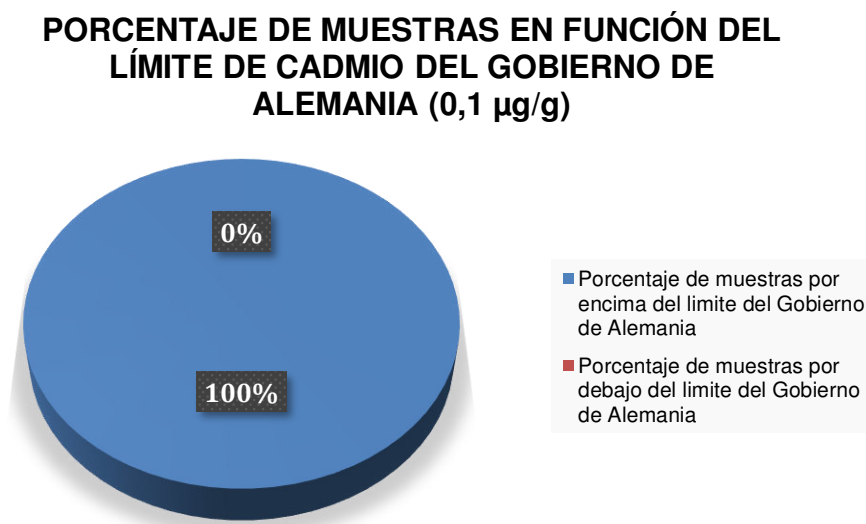


Figura 21. Porcentaje de muestras de polvo compacto por encima del límite de cadmio establecido por Gobierno de Alemania.

En la figura 21 se aprecia que en el 100% de las muestras de polvo compacto (20) las concentraciones de cadmio son mayores que el límite de 0,1 µg/g establecido por el Gobierno de Alemania.

4.2.1. Análisis estadístico de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de cadmio en polvo compacto

a) Hipótesis:

H₀: La distribución de las concentraciones de cadmio en las muestras de polvo compacto es normal.

H₁: La distribución de las concentraciones de cadmio en las muestras de polvo compacto no es normal.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Evaluación estadística de normalidad Shapiro-Wilk

Tabla 16. Evaluación estadística de normalidad Shapiro-Wilk de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.

	Estadístico (Wc)	Grados de libertad	Significancia (p)	Tabulado (Wt)
Concentración de cadmio	0,930	19	0,157	0,901

d) Decisión:

- El valor estadístico igual a 0,930 presenta una significancia de 0,157.
- $W_c = 0,930 > W_t = 0,901$
- El Valor de $p = 0,157$ es mayor que $\alpha = 0,05$
- Se acepta la hipótesis nula.

e) Conclusión estadística:

- La distribución de las concentraciones de cadmio en las muestras de polvo compacto es normal considerando una significancia de 5%.

4.2.2. Análisis estadístico por comparación de varianzas (ANOVA) de los niveles de cadmio en polvo compacto.

a) Hipótesis:

H₀: No existe diferencia significativa entre las concentraciones promedio de cadmio de las 5 marcas.

H₁: Hay diferencia significativa en la concentración promedio de cadmio en al menos una de las marcas.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Análisis Estadístico de Varianzas

Tabla 17. Análisis Estadístico de Varianzas (ANOVA) de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.

Marca	N	Suma	Media	Varianza
A	4	4,005	1,00125	0,096
B	4	4,782	1,19550	0,093
C	4	3,600	0,90000	0,156
D	4	2,993	0,74825	0,072
E	4	0,907	0,22675	0,003
Total	20	16,287	0,81435	0,179

Tabla 18. Resultados del Análisis Estadístico de Varianzas (ANOVA) de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Valor estadístico (Fc)	Sig. (p)	Valor tabulado (Ft)
Entre grupos	2,149	4	0,537	6,404	0,003	3,056
Dentro de grupos	1,258	15	0,084	-	-	-
Total	3,407	19	-	-	-	-

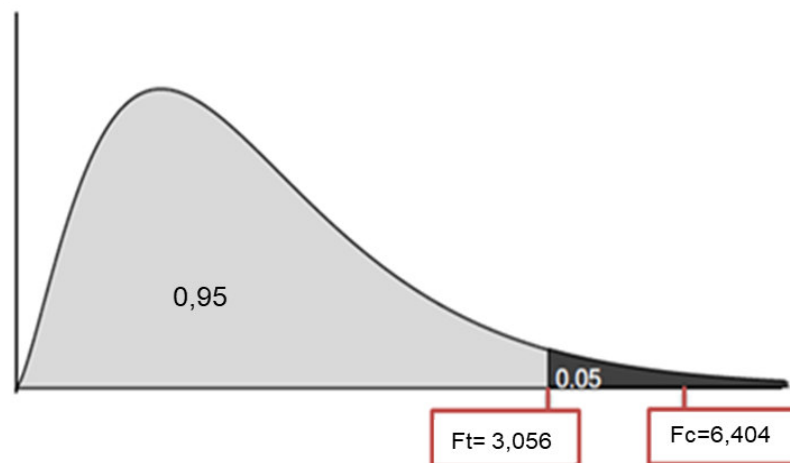


Figura 22. Valor y región críticos de la prueba de ANOVA para las concentraciones de cadmio.

d) Decisión:

- $F_c = 6,404 > F_t = 3,056$
- El Valor de $p = 0,003$ es menor que $0,05$
- Se rechaza la hipótesis nula.

e) Conclusión estadística:

- Existe diferencia significativa entre las concentraciones promedio de cadmio de las 5 marcas considerando una significancia de 5%.

4.2.3. Análisis estadístico Post-Hoc de Tukey de las concentraciones de cadmio en polvo compacto

Tabla 19. Prueba de Tukey de las concentraciones de cadmio en polvo compacto.

Marca		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
A	B	-0,194250	0,204792	0,873	-0,82663	0,43813
	C	0,101250	0,204792	0,987	-0,53113	0,73363
	D	0,253000	0,204792	0,732	-0,37938	0,88538
	E	0,774500	0,204792	0,013	0,14212	1,40688
B	A	0,194250	0,204792	0,873	-0,43813	0,82663
	C	0,295500	0,204792	0,611	-0,33688	0,92788
	D	0,447250	0,204792	0,238	-0,18513	1,07963
	E	0,968750	0,204792	0,002	0,33637	1,60113
C	A	-0,101250	0,204792	0,987	-0,73363	0,53113
	B	-0,295500	0,204792	0,611	-0,92788	0,33688
	D	0,151750	0,204792	0,943	-0,48063	0,78413
	E	0,673250	0,204792	0,034	0,04087	1,30563
D	A	-0,253000	0,204792	0,732	-0,88538	0,37938
	B	-0,447250	0,204792	0,238	-1,07963	0,18513
	C	-0,151750	0,204792	0,943	-0,78413	0,48063
	E	0,521500	0,204792	0,132	-0,11088	1,15388
E	A	-0,774500	0,204792	0,013	-1,40688	-0,14212
	B	-0,968750	0,204792	0,002	-1,60113	-0,33637
	C	-0,673250	0,204792	0,034	-1,30563	-0,04087
	D	-0,521500	0,204792	0,132	-1,15388	0,11088

La diferencia de medias entre las concentraciones de cadmio de las marcas es significativa cuando el valor de significancia es menor o igual a $\alpha = 0,05$. Los valores sombreados corresponden a dichas diferencias significativas, las cuales son A - E, B - E y C - E.

4.2.4. Prueba de t de Student para las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite establecido por Alemania.

a) Hipótesis:

H_0 : No existe diferencia significativa entre las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite establecido por Alemania.

H_1 : Existe diferencia significativa entre las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite establecido por Alemania.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

c) Prueba t de Student:

Tabla 20. Prueba t de Student de las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite del Gobierno de Alemania.

	Concentración de Cadmio	Límite de Alemania
Media (\bar{x})	0,8144	0,1000
Varianza (S^2)	0,1793	0,1000
Observaciones (m)	20	20

Diferencia hipotética de las medias	0,0000	-
Grados de libertad (m-1)	19,0000	-
Estadístico t	7,5443	-
P (T <= t) una cola	0,0000	-
Valor crítico de t (una cola)	1,7291	-
P (T <=t) dos colas	0,0000	-
Valor crítico de t (dos colas)	2,0930	-

d) Decisión:

- El Valor de $p = 0$ es menor que 0,05.
- Se acepta la hipótesis alterna.

e) Conclusión estadística:

- Existe diferencia significativa entre las concentraciones de cadmio en polvo compacto y el límite establecido por el Gobierno de Alemania considerando una significancia de 5%.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Actualmente, el Perú se rige por la Decisión 516²⁴ proporcionada por la CAN para los productos cosméticos. En ella se reconocen los listados internacionales creados por la FDA y la Unión Europea; no obstante, en la Decisión 833⁶⁰ que entrará en vigor el 26 de noviembre del 2019, nos indica que de estos listados se debe de tomar el valor menos restrictivo, por lo que en relación de los valores permitidos de mercurio se tomó del listado de la FDA ($<1 \mu\text{g/g}$). En relación con el cadmio la FDA ni la Unión Europea indica valores límite como impureza, sin embargo, la normativa de esta última si menciona niveles “técnicamente inevitables”³⁷, los cuales están especificados en la normativa del Gobierno de Alemania, siendo este de $0,1 \mu\text{g/g}$ ⁵⁰.

En el Perú, solo se han estudiado la presencia de arsénico y plomo en polvo compacto a pesar de ser un producto cosmético de elevado uso en la población peruana. En dicho trabajo, Chuco y Yapuchura (2019) encontraron que la concentración media para el plomo en las 24 muestras analizadas de polvo compacto fue de $6,293 \mu\text{g/g}$, mientras que para arsénico fue de $0,28 \mu\text{g/g}$. El 12.5% del total de muestras superó el valor máximo para plomo recomendado por FDA de $10 \mu\text{g/g}$ ⁵³.

Respecto a la determinación de mercurio en las muestras de polvo compacto, se verificó en 20 (100%) de ellas la presencia de dicho metal dando un promedio de $0,054 \mu\text{g/g}$, sin embargo, todas las concentraciones estuvieron por debajo de $1 \mu\text{g/g}$ que es el límite permitido por FDA de mercurio en productos cosméticos. La presencia de este metal es similar a lo encontrado por Mohammed et al. (2017) en una investigación realizada en cremas aclarantes donde 15 (100%) muestras fueron positivas para mercurio⁸. La concentración promedio de mercurio es de $0,054 \mu\text{g/g}$, siendo este valor mayor a lo encontrado por la FDA en polvos compactos de distintas marcas comercializadas en los Estados Unidos donde las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección¹¹. Además, dicho valor es menor a lo hallado por Al-Baheley (2017) en Iraq, donde la concentración promedio de mercurio en polvo compacto fue de $0,08 \mu\text{g/g}$ ¹². El mayor valor de

concentración de mercurio correspondió a la muestra codificada B-M color moreno con 0,142 µg/g seguido de la muestra D-G color gitano con 0,083 µg/g. El menor valor de concentración fue presentado por la muestra codificada E- A color arena con 0,011 µg/g seguido de la muestra A-CN color canela con 0,012 µg/g. Dentro de 5 marcas analizadas el valor de 0,089 µg/g fue el mayor promedio de concentraciones de mercurio que correspondió a la marca B, mientras que la marca A presentó el menor promedio de concentraciones con 0,028 µg/g.

Respecto al análisis estadístico, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, obteniendo $p = 0,057 > \alpha = 0,05$; por lo que, se afirmó que la distribución de las concentraciones de mercurio en polvo compacto es normal, permitiendo de esta manera el análisis de los datos con estadística paramétrica. En la evaluación estadística de comparación de varianzas (ANOVA) se determinó, con un nivel de significancia de 0,05, que existe al menos una marca que presenta diferencia significativa respecto a las demás concentraciones promedio de las marcas analizadas. Una vez que se ha determinado que existen diferencias entre las medias, las pruebas post hoc permiten determinar qué medias difieren⁵⁴, en este caso se utilizó la prueba de *Tukey* donde se halló con un nivel de significancia de 0,05, que dichas diferencias se dan entre las marcas A - B, A - D, B - C y B - E. Esto nos indica que el promedio de concentraciones de mercurio de la marca B difiere significativamente respecto a las demás marcas. En la prueba t de Student, se determinó con un nivel de confianza del 95%, que existe una diferencia significativa entre el promedio de concentraciones de mercurio 0,054 µg/g y el límite establecido por la FDA de 1 µg/g, sin embargo, no representaría un riesgo a la salud por encontrarse debajo de dicho límite.

Respecto a la cuantificación de cadmio se encontró, de manera similar al mercurio, la presencia de dicho metal en todas las muestras (20), siendo el promedio de 0,814 µg/g, resultados mayores que los encontrados en otros estudios sobre cadmio en polvo compacto como, por ejemplo, un promedio de 0,4 µg/g en muestras procedentes de tiendas de Nigeria³, y 0,5 µg/g en muestras procedentes de supermercados de este país³. Una investigación realizada en Estados Unidos en el año 2014 a 5 marcas de polvo compacto comercializadas

en dicho país evidenció la presencia de cadmio en una ellas con una concentración promedio de 0,072 $\mu\text{g/g}$, mientras que en las marcas restantes los valores estuvieron por debajo del límite de detección⁴. En Jordania, Ababneh (2018) describe la presencia de cadmio en el 80% de las muestras analizadas de polvo compacto, siendo la concentración promedio de 3,44 $\mu\text{g/g}$ ⁵, valor superior a lo encontrado en nuestra investigación. Se determinó que todos los valores de concentración de cadmio en las muestras analizadas están por encima de 0,1 $\mu\text{g/g}$, el cual es el valor límite según el Gobierno de Alemania⁵⁰. El mayor valor de concentración de cadmio correspondió, como en el caso del mercurio, a la muestra codificada B-M color moreno con 1,439 $\mu\text{g/g}$ seguido de la muestra B-G color gitano con 1,414 $\mu\text{g/g}$ debido posiblemente a la intensidad de dichos colores, como lo encontrado por Laguna y Ricaldi (2017) en su tesis sobre determinación de plomo en labiales⁵⁵, donde el grado de intensidad del color se relacionaba a una mayor concentración de dicho metal. También puede deberse al laboratorio encargado de la fabricación ya que en el envase primario de dicha marca de polvo compacto no figuraban los datos mínimos requeridos para su comercialización²⁴, como el nombre o razón social del fabricante ni de la empresa comercializadora y país de origen. El menor valor de concentración fue presentado por la muestra codificada E-CN color canela con 0,179 $\mu\text{g/g}$ seguido de la muestra E-G color gitano con 0,188 $\mu\text{g/g}$. El mayor promedio de concentración de cadmio corresponde como en el caso del mercurio a la marca B con 1,1955 $\mu\text{g/g}$ mientras que la marca E presentó el menor promedio con 0,22675 $\mu\text{g/g}$.

La distribución de las concentraciones de cadmio fue normal según la prueba de Shapiro-Wilk. En la evaluación estadística de comparación de varianzas (ANOVA) se determinó, con un nivel de significancia de 0,05, que existe al menos una marca que presenta diferencia significativa respecto a las demás concentraciones promedio de las marcas analizadas. Para identificar las diferencias estadísticas entre las marcas se realizó también la prueba de Tukey donde se halló, con un nivel de confianza del 95%, que dichas diferencias se dan entre las marcas A - E, B - E y C - E. Esto nos indica que el promedio de concentraciones de mercurio de la marca E difiere significativamente respecto a las demás marcas al presentar

valores menores de concentración de dicho metal. En relación con la prueba t de Student, se halló con un nivel de confianza del 95% que existe diferencia significativa entre el promedio de concentración de cadmio de 0,8144 µg/g y el límite del Gobierno de Alemania de 0,1 µg/g, esto indicaría ciertas deficiencias en el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura. Estas concentraciones de cadmio halladas en el polvo compacto representarían un riesgo para la salud ya que a pesar de no causar daños agudos al tener un bajo porcentaje de absorción dérmica³¹, la exposición crónica a este metal durante el uso de este cosmético llevaría a una lenta bioacumulación en el organismo debido también por su prolongada vida media⁴⁴. Sin embargo, se hace necesario la realización de estudios toxicológicos de exposición crónica a este producto para verificar dicha afirmación.

La presencia de cadmio y mercurio en las muestras de polvo compacto encontradas pueden deberse a varias causas como por ejemplo el tipo de colorante, las impurezas presentes en la materia prima o como elementos liberados por los equipos durante el proceso de fabricación^{56,57}. Respecto a la materia prima, el talco se encuentra generalmente en mayor proporción dentro de la formulación por lo que sería la causa más probable de la contaminación; Rehman et al. (2013) describe la presencia de cadmio en este ingrediente, con un rango de concentraciones de 0,001-0,080 µg/g⁵⁸, mientras que Nnorom (2011) refiere una concentración promedio de $2,1 \pm 0,3$ µg/g⁶.

La normativa del Gobierno de Alemania⁵⁰ refiere que sus límites establecidos para metales pesados se pueden cumplir como consecuencia de una correcta aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura, como la emitida por la FDA aplicada en productos cosméticos⁵⁹ que permite minimizar las causas de la contaminación por dichos metales pesados. Por ende, es necesario un control exhaustivo por parte de la entidad reguladora para el cumplimiento de esta norma.

En la Decisión 833⁶⁰, la cual entrará en vigor el 26 de noviembre del 2019 se contempla la cosmetovigilancia en el artículo 28. Sin embargo, en la actualidad no existe una estrategia establecida por parte de la entidad regulatoria en el Perú

(DIGEMID) para implementarla. Por ejemplo, cómo será la estructura del sistema de cosmetovigilancia, cómo se reportarán los efectos adversos por parte de los titulares de los registros de estos cosméticos o los formatos de notificación a utilizarse. Por otro lado, Ramos (2017) propone lineamientos para el desarrollo del sistema de cosmetovigilancia⁶¹ que podrían servir como documento técnico para orientar a la autoridad competente.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

- La concentración promedio de mercurio determinada en las 20 muestras de producto cosmético, polvo compacto fue de 0,054 $\mu\text{g/g}$, encontrándose una concentración máxima de 0,142 $\mu\text{g/g}$ y una concentración mínima de 0,011 $\mu\text{g/g}$. El 100% de estos valores de concentración de mercurio se encuentran por debajo del límite permitido por FDA de 1 $\mu\text{g/g}$.
- La concentración promedio de cadmio determinadas en las 20 muestras de producto cosmético, polvo compacto fue de 0,814 $\mu\text{g/g}$, siendo 1,439 $\mu\text{g/g}$ el valor máximo y 0,179 $\mu\text{g/g}$ el valor mínimo. El 100% de estos valores de concentración de cadmio se encuentran significativamente por encima del límite establecido por el Gobierno de Alemania de 0,1 $\mu\text{g/g}$.
- La marca B de polvo compacto presenta la mayor concentración promedio de mercurio y cadmio, con valores de 0,089 $\mu\text{g/g}$ y 1,1955 $\mu\text{g/g}$ respectivamente difiriendo significativamente respecto a las demás marcas en el caso del mercurio. La concentración promedio de cadmio de la marca E difiere significativamente respecto a las demás con un valor de 0,22675 $\mu\text{g/g}$.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de cuantificación de mercurio y cadmio en polvo compacto de otras marcas comercializadas en Lima Metropolitana con la finalidad de generar más información respecto a la exposición de estos metales en dichos cosméticos.
- Difundir información sobre los potenciales daños que puede generar la existencia de metales pesados en los cosméticos mediante campañas de sensibilización a la población ya sea presencial como virtual.
- Garantizar la seguridad de los productos cosméticos importados a nuestro país mediante la consideración de la presencia de metales pesados en cosméticos como factor de posibles daños a la salud, con la finalidad de incentivar la elaboración de una normativa nacional respecto a la monitorización de metales pesados en productos cosméticos.
- Formular estrategias de implementación de la cosmetovigilancia en el Perú con la finalidad de recolectar, evaluar y hacer seguimiento de reportes de eventos no deseados (graves y no graves) asociados a los productos cosméticos.
- Realizar estudios toxicológicos para verificar si el uso crónico de polvo compacto y la presencia de cadmio o mercurio en dicho cosmético genera daños a la salud.

CAPÍTULO VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chauhan A, Bhadauria R, Singh A, Lodhi S, Chaturvedi D, Tomar V. Determination of Lead and Cadmium in cosmetic products. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. [Internet]. 2010; 2(6): 92-97. [Citado 9 de febrero 2019]; 2(6): 92-97. Disponible en: <http://www.jocpr.com/articles/determination-of-lead-and-cadmium-in-cosmetic-products.pdf>
2. Sani A, Gaya M, Aliyu F. Determination of some heavy metals in selected cosmetic products sold in kano metropolis, Nigeria. *Toxicology Reports* [Internet]. 2016 [Citado 10 de enero 2019]; 3: 866-869. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5616194/>
3. Faruruwa M, Bartholomew S. Study of Heavy Metals Content in Facial Cosmetics Obtained from Open Markets and Superstores within Kaduna Metropolis, Nigeria. *American Journal of Chemistry and Application* [Internet]. 2014 [Citado 10 de enero 2019]; 1(2): 27-33. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/825b/7ba465997de12c9486ce099e37101671bb4c.pdf?_ga=2.64542063.1513809897.1571070804-34790446.1571070804
4. Hepp N, Mindak W, Gasper J, Thompson C, Barrows J. Survey of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury, and nickel content. *J Cosmet. Sci* [Internet]. 2014 [Citado 11 de enero 2019]; 65: 125-145. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264091887_Survey_of_cosmetics_for_arsenic_cadmium_chromium_cobalt_lead_mercury_and_nickel_content
5. Ababneh F, Al-Momami I. Assessment of toxic heavy metals contamination in cosmetic products. *Enviromental Forensics* [Internet]. 2018 [Citado 20 de enero 2019]; 19(2): 134-142. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15275922.2018.1448908>
6. Nnorom I. Trace metals in cosmetics facial talcum powders marketed in Nigeria. *Toxicol Environ Chem* [Internet]. 2011 [Citado 06 de febrero 2019]; 93(6): 1135–1148. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02772248.2011.577075>

7. Iwegbue C, Bassey F, Obi G, Tesi G, Martincigh B. Concentrations and exposure risks of some metals in facial cosmetics in Nigeria. *Toxicology Reports* [Internet]. 2016 [Citado 06 de febrero 2019]; 3: 464-472. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221475001630035X>
8. Mohammed T, Mohammed E, Bascombe S. The evaluation of total mercury and arsenic in skin bleaching creams commonly used in Trinidad and Tobago and their potential risk to the people of the caribbean. *Journal of Public Health Research* [Internet]. 2017 [Citado 06 de febrero 2019]; 6(1097): 184-189. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/320293434>
9. Wang L, Zhang H. Mercury content in marketed cosmetics: analytical survey in Shijiazhuang, China. *Cutan Ocul Toxicol* [Internet]. 2015 [Citado 06 de febrero 2019]; 34(4): 322-326. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/15569527.2014.994123>
10. Ho Y, Abdullah N, Hamsan H, Tan E. Mercury contamination in facial skin lightening creams and its health risks to user. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* [Internet]. 2017 [Citado 23 de noviembre 2018]; 88: 72-76. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273230017301472?via%3Dihub>
11. Food and Drug Administration. [Internet]. FDA's Testing of Cosmetics for Arsenic, Cadmium, Chromium, Cobalt, Lead, Mercury, and Nickel Content. 2016 [Citado 29 abril de 2019]. Disponible en: <https://www.fda.gov/cosmetics/potential-contaminants-cosmetics/fdas-testing-cosmetics-arsenic-cadmium-chromium-cobalt-lead-mercury-and-nickel-content#S1CP>
12. Al-Baheley N. Study the concentration of heavy metals in some Cosmetics and their health effects on humans. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* [Internet]. 2017 [Citado 23 de Noviembre 2018]; 11(8): 50-54. Disponible en: <http://iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/vol11-issue%208/Version-2/G1108025054.pdf>
13. Wolff K, Goldsmith L, Katz S, Gilchrest B, Paller AS, Leffell D. *Fitzpatrick's Dermatología en medicina general*. 7ma edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2009. p. 57-72.

14. Marks R, Motley R. Dermatología. 18ava edición. México DF: El Manual Moderno; 2012. p. 1-12.
15. Estetikmed. Anatomía y fisiología de la piel. [Internet] [Citado 9 de abril 2019] Disponible en: <http://www.stetikmed.cl/articulos-PDF/Steikmed-Anatomia-y-fisiologia-de-la-piel.pdf>
16. Larrabee W, Makielski K, Henderson J. Anatomía Quirúrgica de la cara. 2da edición. Medellín: Editorial Amolca; 2006.
17. Gamboa G, La Torre J, Vasconez L. Surgical Anatomy of the Midface as Applied to Facial Rejuvenation. Ann. PlasticSurg. 2004; 52(3): 240-245.
18. Netter F. Atlas de Anatomía Humana. 5ta edición. Barcelona: Elsevier; 2011.
19. Sabater I, Mourelle L. Cosmetología para estética y belleza. 1ra edición. Madrid: McGraw-Hill; 2013. p. 117.
20. DIGEMID. Clasificación de productos cosméticos y productos de higiene personal. [Internet]. [Citado 26 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/Ccosmetico.pdf>
21. Wilkinson J, Moore R. Cosmetología de Harry. 1ra edición. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A; 1990.
22. Simmons J. Cosméticos: formulación, preparación y aplicación. 1ra edición. Madrid: Editor Antonio Madrid Vicente; 2000.
23. Bautista C, Giraldo R. Diseño de propuesta de mejoramiento del área de mercadeo, servicio y estandarización de los procesos de producción de laboratorios MyB utilizando como metodología la gerencia y el control estadístico de procesos. [Tesis Doctoral]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad De Ingeniería Industrial; 2008.
24. CAN. Decisión 516. Armonización de legislaciones en materia de productos cosméticos. [Internet]. [Citado 29 junio 2019]. Disponible en: <http://www.digemid.minsa.gob.pe/upload/uploaded/pdf/decision5166.pdf>
25. Cámara de Comercio de Lima (CCL). Comité Peruano de Cosmética e Higiene Personal (COPECOH). 2017. Estudio de Inteligencia Comercial de Cosméticos e Higiene Personal Anual. Lima; 2018.
26. Cámara de Comercio de Lima (CCL). Comité Peruano de Cosmética e Higiene Personal (COPECOH). 2016. Estudio de Inteligencia Comercial de Cosméticos e Higiene Personal Anual. Lima; 2017.

- 27.** Euromonitor International. Venta Directa en América Latina. [Internet]. [Citado 29 junio 2019]. Disponible en: http://go.euromonitor.com/webinar_venta-directa-america-latina.html
- 28.** Cámara de Comercio de Lima (CCL). Comité Peruano de Cosmética e Higiene Personal (COPECOH). 2018. Estudio de Inteligencia Comercial de Cosméticos e Higiene Personal del primer semestre. Lima; 2018.
- 29.** Blesa M. Castro G. Historia natural y cultural del mercurio. [Internet]. 1ra edición. Buenos Aires: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias; 2015. [Citado 20 enero 2019]. Disponible en: http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2017/10/libro_historia_natural_cultural_mercurio.pdf
- 30.** Albiano N. Toxicología laboral. Criterios para la vigilancia de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas. 1ra edición. Buenos Aires: Superintendencia de riesgos del trabajo; 2011. p. 40.
- 31.** Klaassen C. Watkins J. Manual de toxicología. 5ta edición. México D.F.: McGraw-Hill; 2001. p. 683-684.
- 32.** Mencías E. Mayero F. Manual de toxicología básica. 1ra edición. Madrid: Díaz de Santos; 2000. p. 634.
- 33.** Gutiérrez M. Implicaciones de la intoxicación por mercurio. Revista MEDICINA [Internet]. 2004 [Citado 20 de enero 2018]; 26 (2): 81-85. Disponible en: <https://revistamedicina.net/ojsanm/index.php/Medicina/article/download/652/58>
- 34.** Ramírez, A. Intoxicación ocupacional por mercurio. An. Fac. med. 2008; 69(1): 46-51. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000100010
- 35.** Nasiruddin M, Tangpong J, Masudur M. Toxicodynamics of Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic - induced kidney toxicity and treatment strategy: A mini review. Toxicology Reports [Internet]. 2018 [Citado 23 de noviembre 2018]; 5: 704-713. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750018303883>
- 36.** Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). Índice de materias. [Internet] [Citado 26 de junio de 2019] 2019. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_toxfaqs_index.html#M

- 37.** EU, European Union. Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products. [Internet] [Citado 28 de junio de 2019] Official Journal L'342, p. 59. Disponible en: https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/endocrine_disruptors/docs/cosmetic_1223_2009_regulation_en.pdf
- 38.** FDA, Food and Drug Administration. Cosmetics: ingredients prohibited & restricted by FDA regulations. [Internet] [Citado 04 de enero de 2019] 2000. Disponible en: <http://www.fda.gov/Cosmetics/ProductandIngredientSafety/SelectedCosmeticIngredients/ucm127406.html>
- 39.** Lorraine B. Dreisbach R. Manual de toxicología clínica de Dreisbach: prevención, diagnóstico y tratamiento. 7ma edición. México D.F.: Manual moderno; 2005. p. 243- 246.
- 40.** Morocho J, Astudillo M. Determinación de ceras y metales pesados en labiales genéricos comercializados en el austro ecuatoriano. [Tesis]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana; 2018.
- 41.** Jaramillo F, Rincón A, Rico R. Toxicología ambiental. 1ra edición. México D.F.: Universidad Autónoma de Aguascalientes; 2009.
- 42.** Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. An. Fac. med [Internet]. 2002 [Citado 04 de enero de 2019]; 63(1): 51-64. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/download/1477/1260>
- 43.** Kjellstrom T, Nordberg G. A Kinetic Model of Cadmium Metabolism in the Human Being. Environmental Research [Internet]. 1978 [Citado 03 de enero de 2019]; 16: 248-269. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/679914>
- 44.** Moran I, Baldira J, Marruecos L, Nogue S. Toxicología clínica. 1ra edición. Madrid: Grupo difusión; 2011.
- 45.** Ronco A, Garrido F, Llanos M. Smoking specifically induces metallothionein-2 isoform in human placenta at term. Toxicology [Internet]. 2006 [Citado 17 de enero de 2019]; 223(1-2): 46-53. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16621216>

46. Ronco A, Arguello G, Suazo M, Llanos M. Increased levels of metallothionein in placenta of smokers. Toxicology [Internet]. 2005 [Citado 17 de enero de 2019]; 208 (1-2): 133-139. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15664440>
47. Díaz A. Concentración de cadmio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores asociados. [Tesis] Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2014.
48. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for Cadmium. [Internet]. 2012. [Citado 02 de enero de 2019] Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>
49. HC-SC, Health Canada-Santé Canada. Cadmium and its compounds. [Internet] 1994. [Citado 04 de enero de 2019]. Disponible en: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/cadmium_comp/index-eng.ph
50. BVL. Technically avoidable heavy metal contents in cosmetic products. Journal of Consumer Protection and Food Safety [Internet]. 2017 [Consultado 30 Junio 2019]; 12: 51-53. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00003-016-1044-2>
51. Beaty R, Kerber J. Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. 2da edición. Connecticut: Perkin Elmer™ Instrument; 2011.
52. Skoog D, West D, Holler F. Fundamentos de Química analítica. 8va edición. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores; 2005. p. 1172.
53. Chuco L, Yapuchura K. Determinación de plomo y arsénico en polvos compactos de seis marcas expendidos en el Cercado de Lima. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019.
54. Rial A, Varela J. Estadística práctica para la investigación en ciencias de la salud. 1era edición. La Coruña: Netbiblo, 2014.
55. Laguna L, Ricaldi E. Determinación de plomo y arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2017.
56. Zulaikha S, Norkhadijah S, Praveena S. Hazardous Ingredients in Cosmetics and Personal Care Products and Health Concern: A Review. Public Health

- Research [Internet]. 2015 [Consultado 29 junio 2019]; 5(1): 7-15. Disponible en: <http://article.sapub.org/10.5923.j.phr.20150501.02.html>
- 57.** Omenka S, Adeyi A. Heavy metal content of selected personal care products (PCPs) available in Ibadan, Nigeria and their toxic effects. *Toxicology Reports* [Internet]. 2016 [Consultado 30 junio 2019]; 3: 628–635. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28959586>
- 58.** Rehman G, Bukhari I, Riaz M, Manzoor H, Rasool N, Khalid A, et al. Determination of toxic heavy metals in different brands of talcum powder. *Int J Appl Nat Sci*. 2013; 2:45-52.
- 59.** Food and Drug Association. *Guidance for Industry: Cosmetic Good Manufacturing Practice*. Rockville: 2013.
- 60.** CAN. Decisión 833. Armonización de legislaciones en materia de productos cosméticos. [Internet]. [Consultado 29 junio 2019]. Disponible en: http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/Normatividad/DECISION_833.pdf
- 61.** Ramos K. Lineamientos para el desarrollo de un sistema de cosmetovigilancia en el Perú. [Tesis]. Arequipa: Universidad Católica Santa María; 2017.

ANEXOS

1. Descripción de la codificación considerada para las muestras de polvos compactos adquiridos en el Cercado de Lima.

CODIGO	TONO	NOMBRE DEL PRODUCTO	NOMBRE O RAZON SOCIAL FABRICANTE	EMPRESA TITULAR	PAIS DE ORIGEN
A-B	Bronceado	AngelFace POND'S Polvo Facial compacto	Unilever Andina S.A.	Unilever Andina S.A.	PERU
A-O	Oliva				
A-R	Rosado				
A-CN	Canela				
B-M	Marfil	BelleSpa New York Compact Powder	No indica	No indica	No indica
B-G	Gitano				
B-A	Arena				
B-CN	Canela				
C-A	Arena	POND'S Polvo Facial compacto	WIN E.I.R. L	Industrias PacochaS. A	PERU
C-CR	Coral				
C-R	Rosado				
C-CN	Canela				
D-M	Moreno	Feryany Polvo compacto Profesional	Taizhou Oriental Pearl Daily Chemical CO.	Droguería Corporación Beifa S.A.C	CHINA
D-G	Gitano				
D-CR	Coral				
D-CN	Canela				
E-G	Gitano	Scarlet Polvo compacto	Ghanzhou Shi Ying Cosmetic Technology Co.	Droguería Imagen Latina E.I.R.L	CHINA
E-CR	Coral				
E-A	Arena				
E-CN	Canela				

Fuente: elaboración propia

2. Ubicación de los lugares de recolección de las muestras.



Fuente: Google Maps

3. Lugares de recolección de las muestras.



Galería Tradición

Fuente: elaboración propia



Galería Santa Catalina

Fuente: elaboración propia



Galería Mesa Redonda

Fuente: elaboración propia



Galería Tarpuy

Fuente: elaboración propia

4. Proceso de acondicionamiento de las muestras de polvos compactos.



Fuente: elaboración propia

5. Envases primarios de los polvos compactos adquiridos en el Cercado de Lima



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

6. Muestras de polvos compactos envasadas y acondicionadas.



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

7. Protocolos de análisis toxicológico de cadmio y mercurio en polvo compacto.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
 Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX



N°	88974	-	89328
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Bally Modesta Javier Tarazona, Sr. Manuel Alejandro Rodrigo Romero

TESIS: Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima

FECHA DE RECEPCIÓN: 15 DE MARZO DE 2019 **HORA:** 07:00 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 23 DE MARZO DE 2019 **HORA:** 09:15 p.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 09 DE ABRIL DE 2019 **HORA:** 05:25 p.m.

MÉTODOS Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
 Mercurio : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros - Vapor Frio

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88974	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: A-B	Cuantificación de Mercurio	0.036 mg/kg
89322		Cuantificación de Cadmio	0.586 mg/kg
88975	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: A-O	Cuantificación de Mercurio	0.033 mg/kg
89323		Cuantificación de Cadmio	0.951 mg/kg
88976	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: A-R	Cuantificación de Mercurio	0.031 mg/kg
89324		Cuantificación de Cadmio	1.185 mg/kg
88977	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: A-CN	Cuantificación de Mercurio	0.012 mg/kg
89325		Cuantificación de Cadmio	1.283 mg/kg
88978	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: B-M	Cuantificación de Mercurio	0.142 mg/kg
89326		Cuantificación de Cadmio	1.439 mg/kg
88979	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: B-G	Cuantificación de Mercurio	0.077 mg/kg
89327		Cuantificación de Cadmio	1.414 mg/kg
88980	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: B-A	Cuantificación de Mercurio	0.063 mg/kg
89328		Cuantificación de Cadmio	1.144 mg/kg

Lima, 15 de abril de 2019


 Director de CICOTOX
 Dr. José A. Apestequí Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P. N° 06538
 RNE 240
 D.N.I. N° 09359857




 AMÉRICO A. FIGUERA VARGAS
 COFP: 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____

D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1

E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

Fuente: laboratorio de CICOTOX



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX



Nº 88981 - 89335

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sra. Bally Modesta Javier Tarazona, Sr. Manuel Alejandro Rodrigo Romero
TESIS: Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima

FECHA DE RECEPCIÓN: 15 DE MARZO DE 2019 HORA: 07:00 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 23 DE MARZO DE 2019 HORA: 09:15 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 09 DE ABRIL DE 2019 HORA: 05:25 p.m.

MÉTODOS Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
Mercurio: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros - Vapor Frio
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88981	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: B-CN	Cuantificación de Mercurio	0.074 mg/kg
89329		Cuantificación de Cadmio	0.785 mg/kg
88982	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: C-A	Cuantificación de Mercurio	0.034 mg/kg
89330		Cuantificación de Cadmio	0.540 mg/kg
88983	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: C-CR	Cuantificación de Mercurio	0.056 mg/kg
89331		Cuantificación de Cadmio	0.5970mg/kg
88984	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: C-R	Cuantificación de Mercurio	0.046 mg/kg
89332		Cuantificación de Cadmio	1.119 mg/kg
88985	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: C-CN	Cuantificación de Mercurio	0.049 mg/kg
89333		Cuantificación de Cadmio	1.344 mg/kg
88986	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: D-M	Cuantificación de Mercurio	0.080 mg/kg
89334		Cuantificación de Cadmio	0.648 mg/kg
88987	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: D-G	Cuantificación de Mercurio	0.083 mg/kg
89335		Cuantificación de Cadmio	1.124 mg/kg

Lima, 15 de abril de 2019

Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguiá Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P. Nº 06538
RNE 240
D.N.I. Nº 09359857

DR. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECIBE RESULTADO

NOMBRE: _____ FIRMA: _____
D.N.I: _____ FECHA: _____ HORA: _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
Jr. Puno Nº 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Fuente: laboratorio de CICOTOX



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX



N° 88988 - 89341

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sra. Balvy Modesta Javier Tarazona, Sr. Manuel Alejandro Rodrigo Romero
TESIS: Determinación de mercurio y cadmio en producto cosmético, polvo compacto de cinco marcas diferentes comercializadas en el Cercado de Lima

FECHA DE RECEPCIÓN: 15 DE MARZO DE 2019 HORA: 07:00 p.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 23 DE MARZO DE 2019 HORA: 09:15 p.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 09 DE ABRIL DE 2019 HORA: 05:25 p.m.

MÉTODOS Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
Mercurio: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros - Vapor Frio
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
88988	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: D-CR	Cuantificación de Mercurio	0.064 mg/kg
89336		Cuantificación de Cadmio	0.493 mg/kg
88989	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: D-CN	Cuantificación de Mercurio	0.061 mg/kg
89337		Cuantificación de Cadmio	0.728 mg/kg
88990	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: E-G	Cuantificación de Mercurio	0.044 mg/kg
89338		Cuantificación de Cadmio	0.188 mg/kg
88991	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: E-CR	Cuantificación de Mercurio	0.051 mg/kg
89339		Cuantificación de Cadmio	0.293 mg/kg
88992	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: E-A	Cuantificación de Mercurio	0.011 mg/kg
89340		Cuantificación de Cadmio	0.247 mg/kg
88993	POLVOS COMPACTOS CÓDIGO: E-CN	Cuantificación de Mercurio	0.036 mg/kg
89341		Cuantificación de Cadmio	0.179 mg/kg

Lima, 15 de abril de 2019


Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteguía Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P. N° 06538
RNE 240
D.N.I. N° 09359857




Dr. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ FIRMA: _____
D.N.I.: _____ FECHA: _____ HORA: _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

Fuente: laboratorio de CICOTOX